

## **RESUMEN**

Análisis comparativo de desempeño de CODECS de audio y video para Videoconferencia sobre infraestructura VPN, el mismo que fue realizado de manera personal en la ciudad de Riobamba, Provincia de Chimborazo.

La Videoconferencia consiste en convertir la voz y video en información digital que pueda ser transmitida por la red. Para que esto sea posible se requiere del uso de codificadores y decodificadores (CODECS).

El análisis se lo ejecutó de las muestras tomadas de varias videoconferencias con distintos escenarios. La selección de los CODECS se la realizó en base a los más comunes en su uso, los que prestan mejores características y sobre todo que tengan licencia gratuita. Para la implementación del ambiente de prueba se utilizó "Isabel" como aplicación de Videoconferencia, la misma que cuenta con herramientas muy poderosas con las que se pueden medir ciertos parámetros como ancho de banda, pérdida de paquetes y retardos, los mismos que servirán para medir el desempeño de los CODECS.

De los resultados de la investigación se obtuvo que los CODECS con un mejor desempeño para video y audio fueron: XVID y G726/24 por su consumo mínimo de ancho de Banda 369,12 Kbps y 39,17 Kbps respectivamente, además de la baja pérdida de paquetes y el menor retardo.

Se concluye así que la selección del tipo de códec que se utilice para la videoconferencia influye muchísimo en la calidad de la misma, por esta razón se recomienda, tomar en cuenta las características del medio de transmisión para realizar la selección correcta del CODEC.

## SUMMARY

The comparison of performance audio and video codecs for video conferencing over VPN infrastructure was performed by personal means in the city of Riobamba, Chimborazo Province.

The videoconferencing involves converting voice and video digital information that can be transmitted by the network. To make this possible requires the use of encoders and decoders (CODECS).

The analysis was executed on samples taken from several videoconferences with various scenarios. The selection of CODECS is made based on the most common in use, providing the best features. Besides all they have free license. To implement the test environment it was used the "Elizabeth" test as a videoconferencing application. This process has the same powerful tools which let to measure certain parameters such as bandwidth, packet loss and delay. These parameters will allow to measure performance of the CODECS.

From the results of the investigation it was found that the performance of CODECS for video and audio were improved. The G726/24 XVID presented minimum consumption of bandwidth, Kbps 369.12 Kbps and 39.17 respectively, plus the low packet loss and the shortest delay.

It is concluded that the selection of the type of codec that is used for video conferencing greatly affects the quality. Thus, it is recommended to take into account the characteristics of the transmission medium to make the correct selection of CODEC.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1. IMPORTANCIA**

Desde hace tiempo, toda empresa en general tiene en mente la posibilidad de utilizar su infraestructura de datos, para el transporte del tráfico de voz y video interno. No obstante, es la aparición de nuevos estándares, así como la mejora y abaratamiento de las tecnologías de compresión, lo que está provocando finalmente su implantación.

Las redes de hoy en día están evolucionando y permitiendo el transporte no solo de datos sino también voz y video, teniendo de esta forma redes convergentes.

El proceso de transportar la voz y las imágenes sobre canales de datos con protocolo IP requiere del uso de ciertos codificadores y decodificadores (CODECS) que transforman las señales de audio y video a datos y viceversa para que puedan ser enviadas por la red y captadas por el humano respectivamente en diferentes entornos de red.

Utilizar CODECS adecuados para videoconferencia puede ser una ventaja al momento

de transmitir voz y video a través de la red. Para ello los equipos de comunicaciones deben estar configurados con los protocolos y servicios que permitan dichas transmisiones.

Actualmente con la llegada de Internet y la necesidad de las empresas en estar siempre comunicados, han optado por el uso de Internet como un medio de transporte de comunicación con sus oficinas o plantas remotas, para lo cual es necesario la implementación de una red virtual (VPN) sobre esta gran red pública Internet, una VPN permitirá brindar la máxima seguridad y confidencialidad de los datos que se encamina por Internet hacia o desde una oficina remota logrando el máximo de beneficios de las líneas de transporte e integrando los diferentes servicios empresariales como telefonía, data, videoconferencia etc., desarrollando soluciones que permitan usar más eficientemente los canales de comunicación.

El incluir varios servicios sobre la red de datos haría que el medio de transmisión no abastezca a los mismos dentro de la comunicación, existiría demasiado tráfico y el servicio de red colapsaría. Mejorar el ancho de banda y optimizar los recursos de la red, ayudaría para mejorar el tráfico.

Obtener una mejor calidad en la voz y video, gracias a la ayuda de los CODECS abriría nuevas alternativas para la telefonía y la videoconferencia sobre Internet y se obtendría una mejor calidad de servicio, cuyo mercado se perfila con un gran crecimiento debido a una mayor adopción por parte de la empresa privada. Una razón principal son las ventajas de costo al evadir las redes tradicionales

***Se propuso un análisis para elegir el CODEC más adecuado de voz y video para videoconferencia sobre infraestructura VPN que permita la comunicación con sitios remotos.***

## 1.2. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

La Videoconferencia consiste en convertir la voz y video en datos compatibles a los que manejan las aplicaciones. De esta forma, voz video y datos comparten la misma red. A esto se denomina convergencia y es la llave que abre un mundo de nuevos servicios y posibilidades.

Para que la comunicación IP tenga efecto se requiere la utilización de CODECS que convierte las muestras de sonido analógico y los fotogramas en informaciones digitales (bits), las cuales se envían a una velocidad de datos predeterminada (bit/s). El CÓDEC realiza, también a menudo, la función de compresión, con el fin de ahorrar ancho de banda.

Los CODECS realizan esta tarea de conversión tomando muestras de la señal de audio y video miles de veces por segundo, convierten cada pequeña muestra en información digital y lo comprimen para su transmisión. Cuando las muestras son reconstruidas, los pedacitos de información que se pierden en medio de estas, son tan pequeños que es imposible para la percepción del humano, notar ésta pérdida, ésta suena como una sucesión continua de audio e imágenes. Existen diferentes frecuencias de muestreo de la señal de voz, esto depende del CÓDEC que se esté usando. Entre los más nombrados existen los siguientes:

- G.711: bit-rate de 56 o 64 Kbps
- G.722: bit-rate de 48, 56 o 64 Kbps
- G.723: bit-rate de 5.3 o 6.4 Kbps
- G.728: bit-rate de 16 Kbps.
- G.729: bit-rate de 8 o 13 Kbps

El video cumple con el mismo tratamiento para lo cual se utilizan también CODECS de video que comprimen la señal para que también pueda ser transmitida por la red; entre los principales tenemos:

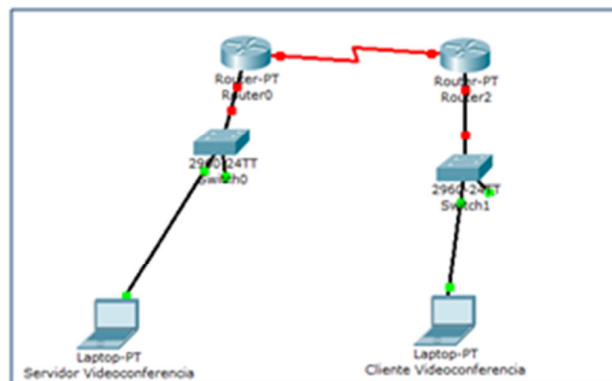
- H.261
- H.263
- H.264

Para cursar eficientemente telefonía IP o videoconferencia en una red de datos compartida, no solo debemos disponer de un gran ancho de banda, sino que debemos implantar mecanismos de priorización de los paquetes de voz sobre los de datos, lo que se denomina calidad de servicio (QoS). Al igual que existen factores que

repercuten en los retardos en la red, existen también factores que intervienen en la calidad de la videoconferencia, como son:

- Codificadores.
- Ancho de banda.
- Pérdida de paquetes.
- Retardos (jitter).

No sólo por incrementar el ancho de banda de la red se solucionan todos los problemas, pues algunas aplicaciones críticas requieren la gestión, clasificación y la priorización inteligente en el uso del ancho de banda y de los recursos suficientes de la red. Identificar los CODECS adecuados utilizando la compresión y/o la supresión del silencio puede dar lugar a un ahorro importante del ancho de banda, obteniendo una mejora en el rendimiento de la transmisión y una mejor calidad de sonido para la percepción del usuario.



**Figura 1.** Ambiente de Simulación  
**Elaborado por:** Ing. Juan C. Cepeda P.

En la figura 1, se puede apreciar el Ambiente de Simulación escogido para el cual se va a realizar dicha propuesta.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. GENERAL**

- Analizar y comparar el desempeño de los diferentes CODECS de audio y video para videoconferencia sobre infraestructura VPN

#### **1.3.2. ESPECÍFICOS**

- Analizar información necesaria de la infraestructura de transmisión de voz y Video, VPN, y los tipos de CODECS existentes para videoconferencia.
- Implementar un servidor de comunicación Opensource para establecer la conexión por medio de la VPN en sitios remotos, como ambiente de simulación de la videoconferencia.
- Investigar y seleccionar los CODECS más adecuados tanto de voz y video para el desarrollo de la videoconferencia.
- Realizar pruebas de desempeño con los diferentes tipos de CODECS con el fin de determinar cuál es el más adecuado para el ambiente que se desea implementar.

### **1.4. HIPÓTESIS**

- Un análisis comparativo del desempeño del CÓDEC más adecuado de voz y video para videoconferencia en ambientes remotos sobre infraestructura VPN, generará una mejora de la calidad en el servicio.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **2.1. ¿QUÉ ES VIDEOCONFERENCIA?**

La videoconferencia es una tecnología que proporciona un sistema de comunicación bidireccional de audio, video y datos que permite que las sedes receptoras y emisoras mantengan una comunicación simultánea interactiva en tiempo real. Para ello se requiere utilizar equipo especializado que te permita realizar una conexión a cualquier parte del mundo sin la necesidad de trasladarnos a un punto de reunión. (Figura 2)



**Figura 2.**La Videoconferencia



La videoconferencia involucra la preparación de la señal digital, la transmisión digital y el proceso de la señal que se recibe. Cuando la señal es digitalizada esta se transmite vía terrestre o por satélite a grandes velocidades.

Para que la videoconferencia se realice se debe de comprimir la imagen mediante un CÓDEC. Los datos se comprimen en el equipo de origen, viajan comprimidos a través de algún circuito de comunicación, ya sea terrestre o por satélite y se descomprime en el lugar de destino.

## **2.2. TIPOS DE ENLACES Y ASPECTOS TÉCNICOS**

Los sistemas de videoconferencia operan sobre los mismos principios. Las características esenciales con las que cuentan, es la transmisión y recepción digital. Estos enlaces pueden establecerse sobre satélite, cable, fibra óptica etc., y sus velocidades de conexión pueden ir desde los 64 Kbps, hasta 2 Mbps de acuerdo con el ancho de banda que se tenga.

A principios de la década pasada se necesitaban 6 Mbps para transmitir la Videoconferencia, requerimiento que a finales de los años 80 pasó a 2 Mbps. Desde principios de la década actual, es posible la transmisión de Videoconferencia sobre líneas digitales conmutadas de 64 Kbps. Los datos se comprimen en el equipo de origen, viajan comprimidos a través del circuito de comunicación y se descomprimen en el destino.

La calidad de las imágenes que percibimos está en función del nivel de compresión y de la capacidad de transmisión de datos.

## **2.3. LOS ESTÁNDARES**

El mercado estuvo restringido por muchos años porque las unidades de videoconferencia manufacturadas por diferentes vendedores no eran compatibles. Es claro que la explosión que ahora se experimenta está directamente relacionada al estándar desarrollado por el grupo 3 del Comité Consultivo Internacional para la Telefonía y Telegrafía (CCITT), el cual hace posible que las unidades de videoconferencia de diferentes fabricantes sean compatibles. El mercado de la

videoconferencia punto a punto estuvo restringido por la falta de compatibilidad hasta que surgió la recomendación de CCITT H.261 en 1990, con lo que el mercado de la videoconferencia ha crecido enormemente.

Hay otros tres factores que han influido en este crecimiento, el primero es el descubrimiento de la tecnología de video compresión, a partir de la cual, el estándar está basado. Mediante la combinación de las técnicas de la codificación predictiva, la transformada discreta del coseno (DCT), compensación de movimiento y la codificación de longitud variable, el estándar hace posible el transmitir imágenes de TV de calidad aceptable con bajos requerimientos de ancho de banda, anchos de banda que se han reducido lo bastante para lograr comunicaciones de bajo costo sobre redes digitales conmutadas.

El segundo factor que ha influido es el desarrollo de la tecnología VLSI (Very Large System Integration), la cual redujo los costos de los CODECS de video. Ahora en el mercado se encuentran chips mediante los cuales se pueden implantar las tecnologías DCT y de compensación de movimiento, partes del estándar. El tercer factor es el desarrollo de ISDN (Integrated Services Data Network; Red Digital de Servicios Integrados), la cual promete proveer de servicios de comunicaciones digitales conmutados de bajo costo. El acceso básico de ISDN consiste de dos canales full dúplex de 64 Kbps denominados canales B y un canal también full dúplex de 16 Kbps denominado canal D.

El estándar H.261 está basado en la estructura básica de 64 Kbps de ISDN. Esta da nombre al título de la recomendación H.261 "Video Códec para servicios audiovisuales a 64 Kbps". Aunque tomará varios años para que ISDN esté disponible globalmente, los video-códec que cumplen con el estándar H.261 pueden ya operar sobre las redes de comunicaciones actualmente disponibles.

### **2.3.1. ESTÁNDAR H.320**

El H.320 describe normas para la videoconferencia punto a punto y multipunto en las Redes Digitales de Servicios Integrados ISDN. Este estándar gobierna los conceptos básicos para el intercambio de audio y vídeo en el proceso de comunicación.

### 2.3.2. ESTÁNDAR H.323

La norma H.323 proporciona una base para las comunicaciones basado en el protocolo de Internet IP, definiendo la forma cómo los puntos de la red transmiten y reciben llamadas, compartiendo las capacidades de transmisión de audio, vídeo y datos.

Las redes digitales que soportan videoconferencia son:

- RDSI: Red Digital de Servicios Integrados (1 acceso básico = 2 x 64 Kbps= 1 BRI).
- IBERCOM: Línea digital de alta velocidad (64 Kbps. por línea).
- Satélite: Retevisión-Hispasat u otros (n x 64 Kbps. por canal)
- Punto a Punto: Líneas digitales de 64 Kbps. o 2 Mbps
- Multipunto: Líneas digitales de 64 Kbps. o 2 Mbps

El Servicio que ofrecemos está basado en distintas formas de conexión debido al equipo instalado en cada sede y a los enlaces con los que cuentan.

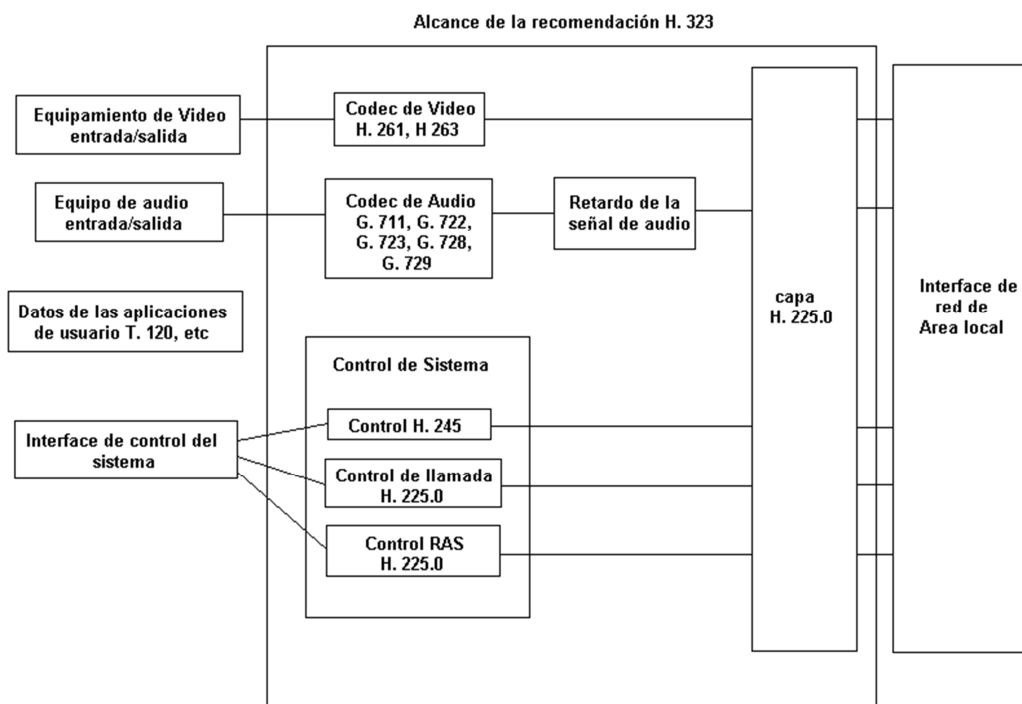


Figura 3.Recomendación H.323

## 2.4. TIPO DE ENLACES

### 2.4.1. PUNTO A PUNTO

**Definición Técnica:** Conexión directa entre dos sitios, su gestión se realiza mediante la negociación bilateral entre los dos sitios, marcando a una IP o a un número ISDN.

**Definición por Clase:** Es aquella que puede llevarse a cabo los siguientes tipos de sesión:

- Un profesor hacia un alumno
- Un profesor con un grupo de alumnos
- Un grupo hacia otro grupo

### 2.4.2. MULTIPUNTOS:

**Definición Técnica:** Conexión a través de videoconferencia entre tres o más sitios, cada terminal recibe así permanentemente las imágenes de las otras salas y las visualiza simultáneamente en pantallas separadas o en una sola pantalla utilizando la técnica de división de pantalla. Se utiliza un MCU para poder realizar la conexión entre las sedes participantes.

**Definición por Clase:** Es cuando se establece comunicación entre tres o más lugares distintos realizando una reunión virtual entre:

Un profesor a varios alumnos

Un grupo hacia otros grupos

## 2.5. PROTOCOLOS

Un protocolo es un conjunto de reglas de comunicaciones entre dispositivos (computadoras, teléfonos, enrutadores, switchs, etc.). Los protocolos gobiernan el **formato, sincronización, secuencia y control de errores**. Sin estas reglas, los dispositivos no podrían detectar la llegada de bits.

## **2.6. REQUERIMIENTOS**

**Códec.-** Codificador-Decodificador, que captura las señales de audio y video y las comprime para ser transmitidas a un sitio remoto.

**Sistema de audio.-** El sistema de Audio distribuye la señal de voz y recibe. Como sistema de audio, se puede lograr lo siguiente: Acústica, cancelación de eco y supresión de ruidos, adaptándose a las características acústicas de la sala.

**El sistema de audio se conforma por:**

- Micrófono (Inalámbrica y/o Alámbrica)
- Bocinas (Plafón o base)
- Mezcladoras
- Ecualización de la sala
- Amplificador

**Sistema de video.-** El sistema de video permite observar la imagen del sitio remoto y del sitio local, permite ver las diapositivas, gráficas, videos, etc., de manera local o las que envían del sitio remoto.

**El sistema de video se conforma por:**

- Cámara
- Video proyector
- Televisor (es)
- Pantalla
- Cámara de documentos

**Iluminación Fría y/o cálida**

- Fluorescente
- Dicroicas

**Enlaces**

- Internet
- I2
- ISDN
- Dedicados

**Velocidad de transmisión**

- 128 Kbps
- 256 Kbps
- 384 Kbps
- 512 Kbps o más

La velocidad estándar de transmisión es de 384 Kbps.

**Otros Aspectos Relevantes**

Otros aspectos relevantes para la adecuación de una sala de videoconferencia.

- Acondicionamiento arquitectónico
- Acondicionamiento acústico
- Mobiliario
- Iluminación adecuada
- Automatización

**Aplicaciones**

Hoy en día la videoconferencia es una parte muy importante de las comunicaciones es por esa razón que día con día se van descubriendo nuevas aplicaciones de esta tecnología entre las aplicaciones más comunes dentro de la educación tenemos:

- Educación a distancia
- Investigación y vinculación
- Reuniones de academia
- Formación continua
- Reunión ejecutiva
- Congresos
- Conferencias
- Cursos
- Seminarios
- Otros

**¿A quién Beneficia?**

La videoconferencia se ha vuelto una tecnología que se ha colocado al alcance de todos dentro del RIVA principalmente nos hemos enfocado a brindarle nuestros servicios a:

**Alumnos**

- Ya que les permite recibir una educación de altísimo nivel con oportunidades de capacitación solamente disponibles en institutos de primera.
- Tener a su disposición técnicas avanzadas en los campos educacionales.
- Recibir conocimientos impartidos por eminencias en cada tema.
- Tener la posibilidad de realizar cualquier pregunta a los conferencistas, con el fin de obtener las mejores respuestas a sus dudas.
- Asistir a las conferencias sin necesidad de abandonar el campus educacional.

**Académicos**

- Permite impartir cátedra a distancia.
- Mantener una comunicación cara a cara con los estudiantes sin tener la necesidad de trasladarse a un aula de clases.
- Asistir a conferencias sin la necesidad de abandonar el campus institucional

**Investigadores**

- Asistir a eventos importantes sin la necesidad de trasladarse al lugar sede
- Comunicarse con colegas cara a cara para poder intercambiar puntos de vista
- Impartir conferencias a distintas partes del mundo desde un punto sede

**Funcionarios**

- Asistir a eventos sin la necesidad de trasladarse
- Poder comunicarse con su personal sin la necesidad de estar presente
- Mantener una comunicación cara a cara con otros funcionarios
- Usuarios externos
- Presenciar eventos que se desarrollan en otra parte del mundo

Que son los principales consumidores de esta tecnología.

## 2.7. EL CÓDEC

La comunicación de voz es analógica, mientras que la red de datos es digital. El proceso de convertir ondas analógicas a información digital se hace con un codificador/decodificador (CÓDEC). Hay muchas maneras de transformar una señal de voz analógica, todas ellas gobernadas por varios estándares. El proceso de la conversión es complejo. Es suficiente decir que la mayoría de las conversiones se basan en la modulación codificada mediante pulsos (PCM) o variaciones.

Este proceso de conversión analógico digital o modulación por impulsos codificados (PCM) se realiza mediante tres pasos:

- Muestreo (sampling)
- Cuantificación (quantization)
- Codificación (codification)

## 2.8. MUESTREO

El proceso de muestreo consiste en tomar valores instantáneos de una señal analógica (figura-4a), a intervalos de tiempo iguales. A los valores instantáneos obtenidos se les llama muestras (figura-4b).

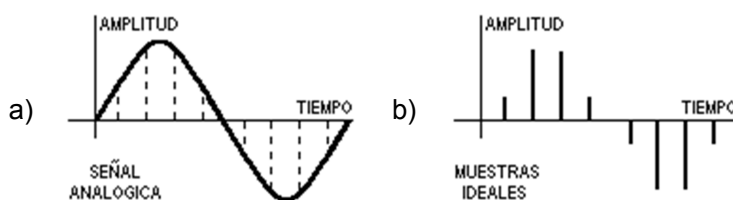


Figura 4.A) Señal analógica, b) Muestras ideales

El muestreo se efectúa siempre a un ritmo uniforme, que viene dado por la frecuencia de muestreo  **$f_m$**  o **samplingrate**.

La condición que debe cumplir  $f_m$  viene dada por el teorema del muestreo "Si una señal contiene únicamente frecuencias inferiores a  $f$ , queda completamente determinada por muestras tomadas a una velocidad igual o superior a  $2f$ ."

De acuerdo con el teorema del muestreo, las señales telefónicas de frecuencia vocal (que ocupan la Banda de 300 a - 3.400 Hz), se han de muestrear a una frecuencia



igual o superior a 6.800 Hz ( $2 \times 3.400$ ).

En la práctica, sin embargo, se suele tomar una frecuencia de muestreo o samplingrate de  $f_m = 8.000$  Hz. Es decir, se toman 8.000 muestras por segundo que corresponden a una separación entre muestras de:

$$T = 1/8000 = 0,000125 \text{ seg} = 125 \mu\text{s}$$

Por lo tanto, dos muestras consecutivas de una misma señal están separadas 125  $\mu\text{s}$  que es el periodo de muestreo.

## **2.9. CUANTIFICACIÓN**

La cuantificación es el proceso mediante el cual se asignan valores discretos, a las amplitudes de las muestras obtenidas en el proceso de muestreo. Existen varias formas de cuantificar que iremos detallando según su complejidad.

### **2.9.1. CUANTIFICACIÓN UNIFORME**

Hay que utilizar un número finito de valores discretos para representar en forma aproximada la amplitud de las muestras. Para ello, toda la gama de amplitudes que pueden tomar las muestras se divide en intervalos iguales y a todas las muestras cuya amplitud cae dentro de un intervalo, se les da el mismo valor.

El proceso de cuantificación introduce necesariamente un error, ya que se sustituye la amplitud real de la muestra, por un valor aproximado. A este error se le llama error de cuantificación.

El error de cuantificación se podría reducir aumentando el número de intervalos de cuantificación, pero existen limitaciones de tipo práctico que obligan a que el número de intervalos no sobrepase un determinado valor.

Una cuantificación de este tipo, en la que todos los intervalos tienen la misma amplitud, se llama cuantificación uniforme.

En la figura 5 se muestra el efecto de la cuantificación para el caso de una señal analógica. El número de intervalos de cuantificación se ha limitado a ocho.

La señal original es la de trazo continuo, las muestras reconstruidas en el terminal distante, se representan por puntos y la señal reconstruida es la línea de trazos.

El error de cuantificación introducido en cada muestra, da lugar a una deformación o distorsión de la señal reconstruida que se representa por línea de trazos y puntos.

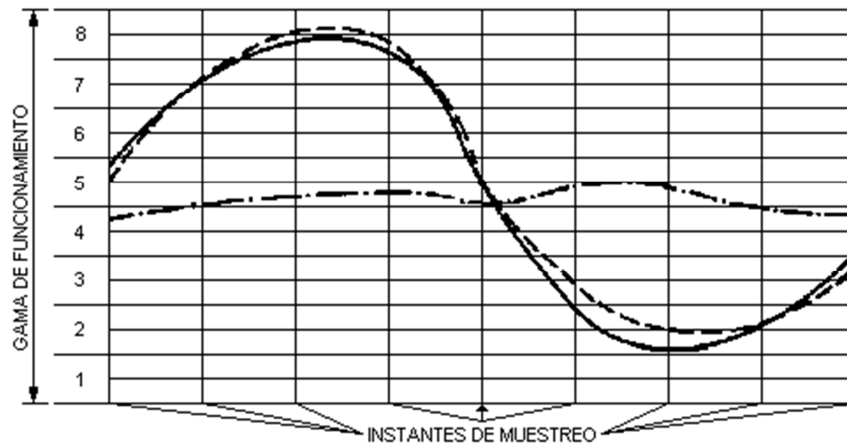


Figura 5. Modelo de cuantificación Uniforme

### 2.9.2. CUANTIFICACIÓN NO UNIFORME

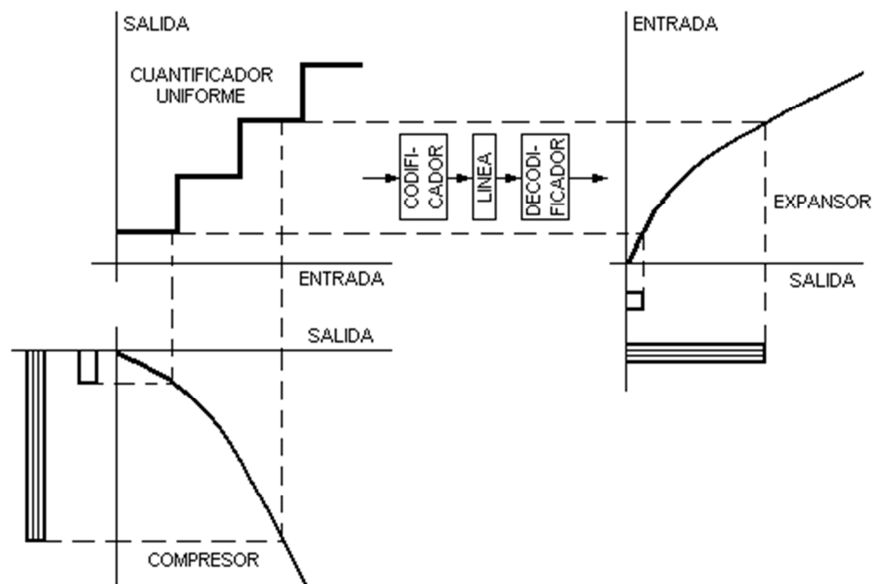
En una cuantificación uniforme la distorsión es la misma cualquiera que sea la amplitud de la muestra. Por lo tanto cuanto menor es la amplitud de la señal de entrada mayor es la influencia del error. La situación se hace ya inadmisibles para señales cuya amplitud analógica está cerca de la de un intervalo de cuantificación.

Para solucionar este problema existen dos soluciones:

- Aumentar los intervalos de cuantificación - si hay más intervalos habrá menos errores pero necesitaremos más números binarios para cuantificar una muestra y por tanto acabaremos necesitando más ancho de banda para transmitirla.
- Mediante una cuantificación no uniforme, en la cual se toma un número determinado de intervalos y se distribuyen de forma no uniforme

aproximándolos en los niveles bajos de señal, y separándolos en los niveles altos. De esta forma, para las señales débiles es como si se utilizase un número muy elevado de niveles de cuantificación, con lo que se produce una disminución de la distorsión. Sin embargo para las señales fuertes se tendrá una situación menos favorable que la correspondiente a una cuantificación uniforme, pero todavía suficientemente buena.

Por lo tanto lo que podemos hacer es realizar una cuantificación no uniforme mediante un códec (compresor-decompresor) y una cuantificación uniforme como se muestra en la figura 6.



**Figura 6.**Modelo de cuantificación no Uniforme

### **Ley de codificación o compresión**

El proceso de cuantificación no uniforme responde a una característica determinada llamada ley de Codificación o de compresión.

Hay dos tipos de leyes de codificación: las continuas y las de segmentos.

En las primeras, los intervalos de cuantificación son todos de amplitud distinta, creciendo ordenadamente desde valores muy pequeños, correspondientes a las señales de nivel bajo, a valores grandes, correspondientes a las señales de nivel alto.

En las segundas, la gama de funcionamiento se divide en un número determinado de

grupos y dentro de cada grupo los intervalos de cuantificación tienen la misma amplitud, siendo distinta de unos grupos a otros.

Normalmente se utilizan las leyes de codificación de segmentos.

### **Ley A (a-law) y ley $\mu$ (u-law)**

Actualmente, las dos leyes de compresión de segmentos más utilizadas son la ley A (a-law) y la ley  $\mu$  (u-law). La ley A (a-law) se utiliza principalmente en los sistemas PCM europeos, y la ley  $\mu$  (u-law) se utiliza en los sistemas PCM americanos.

La ley A esta formada por 13 segmentos de recta (en realidad son 16 segmentos, pero como los tres segmentos centrales están alineados, se reducen a 13). Cada uno de los 16 segmentos, está dividido en 16 intervalos iguales entre sí, pero distintos de unos segmentos a otros.

La formulación matemática de la Ley A es:

$$y = Ax/1 + LA \text{ ----- para } 0 \leq x \leq 1/A$$

$$y = 1 + L(Ax)/1 + LA \text{ ----- para } 1/A \leq x \leq 1,$$

Siendo L logaritmo neperiano.

El parámetro A toma el valor de 87,6 representando x e y las señales de entrada y salida al compresor.

La ley  $\mu$  se representa matemáticamente como:

$$y = L(1+\mu x) / L(1+\mu) \text{ ----- para } 0 \leq x \leq 1$$

Donde  $\mu = 255$

En la figura 7 se representa gráficamente la ley A (a-law):

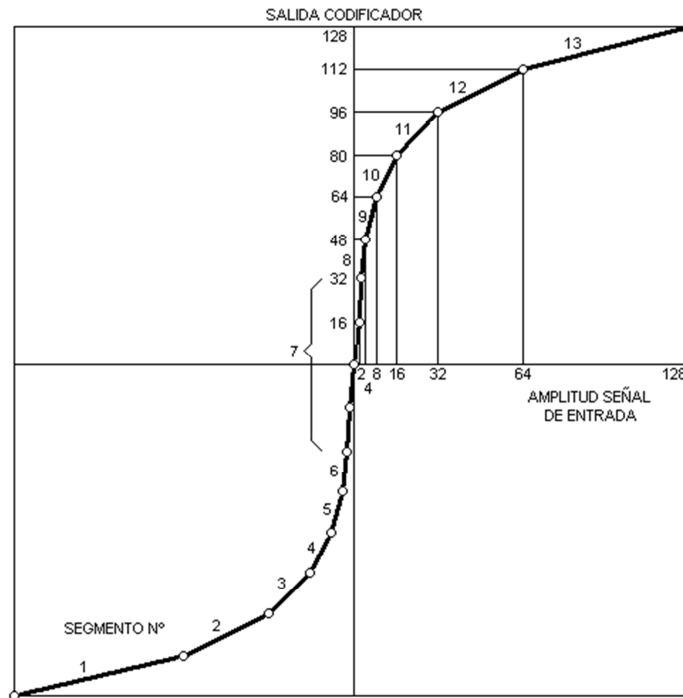


Figura 7. Gráfica La Ley A (A-Law)

### 2.9.3. CUANTIFICACIÓN DIFERENCIAL

En las señales de frecuencia vocal, predominan generalmente las bajas frecuencias, por ello las amplitudes de dos muestras consecutivas difieren generalmente en una cantidad muy pequeña. Aprovechando esta circunstancia, se ha ideado la cuantificación diferencial.

En la cuantificación diferencial, en lugar de tratar cada muestra separadamente, se cuantifica y codifica la diferencia entre una muestra y la que le precede. Como el número de intervalos de cuantificación necesarios para cuantificar la diferencia entre dos muestras consecutivas es lógicamente inferior al necesario para cuantificar una muestra aislada, la cuantificación diferencial permite una reducción sensible de la frecuencia de transmisión en línea, ya que esta es proporcional al número de intervalos de cuantificación

- **Cuantificación diferencial delta y ADPCM (Adaptive delta PCM)**

Si en un sistema DPCM vamos aumentando la frecuencia de muestreo, llega un momento en que dos muestras consecutivas tienen una amplitud tan próxima, que no se necesita más que un solo intervalo de cuantificación para cuantificar la diferencia.

En este caso solo se necesitaría un bit por muestra, y la velocidad de transmisión en línea (bit rate) sería igual a la velocidad de muestreo. Este tipo de modulación se conoce con el nombre de modulación delta.

La modulación delta descrita, se denomina modulación delta porque la magnitud de la variación producida a la salida es fija. Existen otros tipos de modulación delta más sofisticados, en los cuales dicha variación no es fija sino que depende de las variaciones de la señal de entrada. Por ejemplo ADPCM o Adaptive delta PCM se basa en ajustar la escala de cuantificación de forma dinámica para adaptarse mejor a las diferencias pequeñas o grandes.

## **2.10. CODIFICACIÓN – DECODIFICACIÓN**

La codificación es el proceso mediante el cual se representa una muestra cuantificada, mediante una sucesión de "1's" y "0's", es decir, mediante un número binario.

En el punto anterior va hemos indicado que cada muestra cuantificada se representa, o codifica mediante un numero binario. Normalmente en telefonía se utilizan 256 intervalos de cuantificación para representar todas las posibles muestras, por tanto se necesitarán números binarios de 8 bits para representar a todos los intervalos (pues  $2^8 = 256$ ). Otros CODECS que usan ADPCM o cuantificación delta utilizan menos intervalos y por tanto menos bits.

El dispositivo que realiza la cuantificación y la codificación se llama codificador.

La decodificación es el proceso mediante el cual se reconstruyen las muestras, a partir de la señal numérica procedente de línea. Este proceso se realiza en un dispositivo denominado decodificador.

Al conjunto de un codificador y de un decodificador en un mismo equipo, se le llama **CÓDEC**.

Además de la ejecución de la conversión de analógico a digital, el CÓDEC comprime la secuencia de datos, y proporciona la cancelación del eco. La compresión de la forma de onda representada puede permitir el ahorro del ancho de banda. Esto es especialmente interesante en los enlaces de poca capacidad. Otra manera de ahorrar

ancho de banda es el uso de la supresión del silencio, que es el proceso de no enviar los paquetes de la voz entre silencios en conversaciones humanas.

### **2.10.1. CODECS DE VIDEO**

**H.261:** Usado principalmente en videoconferencia y videotelefonía antigua. Desarrollado por el grupo ITU-T, este fue el primer estándar de compresión de video. Esencialmente, todos los codecs posteriores están basados en este.

**MPEG-1:** Usado para Video CDs, y a veces para video online. La calidad de imagen es comparable con la de un VHS. Si la calidad del video de origen es buena y el bitrate es alto, se puede obtener mejor calidad que el VHS. Para obtener un VCD totalmente compatible, el bitrate de video debería ser de 1150 kilobits por segundo, y la resolución de 352 x 288 píxeles. El VCD es probablemente el medio de difusión de video mas compatible que existe, prácticamente cualquier PC y reproductor de DVD los puede reproducir.

**MPEG-2:** Usado en DVD, Super VCD y en sistemas de transmisión de video digital, incluyendo TV satelital. Al usarse en DVD ofrece una excelente calidad de imagen y soporta video widescreen. Al usarse en SVCD, lógicamente es superior al VCD, pero éste aumento de calidad se traduce en una menor capacidad de video. En términos de diseño relativos a MPEG-1, MPEG-2 agregó el soporte para video entrelazado. MPEG-2 podría considerarse un códec antiguo, pero su vigencia se mantiene firme dada su amplia aceptación y buena calidad de imagen que proporciona.

**H.263:** Diseñado inicialmente para videoconferencia y video por internet. Este códec representó un importante paso hacia la estandarización de la capacidad de compresión de video de escaneo progresivo. En la actualidad se lo usa también para comprimir video en formato Flash, que es el utilizado en YouTube, Google Video, MySpace, etc.

**MPEG-4:** Estándar usado para internet, transmisión y almacenamiento. Ofrece superior calidad comparado con el MPEG-2 y las primeras versiones de H.263. Una de sus principales mejoras técnicas es la habilidad de estar orientado a objetos. Este formato permite la implementación de diferentes perfiles o profiles, lo que da lugar a la

compatibilidad con múltiples estándares, desde video de baja resolución y bitrate (por ejemplo, video en vivo para móviles), hasta DVD y video de alta definición.

**MPEG-4:** Un estándar técnicamente alineado con el H.264, también denominado AVC. Este estándar emergente es lo más avanzado que ofrece el grupo ITU-T, que proporciona un número de mejoras con respecto a la calidad de compresión. Este estándar ha sido adoptado por PlayStation Portable, iPod, la suite de productos Nero Digital, Mac OS X v10.4, e incluso los nuevos HD DVD y Blue-ray.

**XVID, Y 3IVX:** Estos codecs proporcionan un factor de compresión muy alto, ya que usando un bitrate similar al del VCD o SVCD, se obtiene una calidad de imagen muy similar al DVD. A su vez, mediante el uso del códec MP3, se logra una óptima compresión de audio. Todo esto, al encapsularse en el formato contenedor AVI, permite almacenar películas completas de excelente calidad en 1 o 2 CD.

**VP6:** Códec de video propietario desarrollado por el grupo On2 Technologies.

**Sorenson 3:** Códec usado por el QuickTime de Apple, básicamente el ancestro de H.264. Muchos de los trailers publicados en el sitio de Apple están comprimidos con este códec.

**Theora:** Desarrollado por la Xiph.org Foundation como parte de su proyecto Ogg, basado en el VP3 de On2 Technologies, Theora pretende competir con las implementaciones de bajo bitrate de MPEG-4 Parte 2, pero con muy limitado éxito hasta ahora.

**WMV (WINDOWS MEDIA VIDEO):** La familia de codecs de video de Microsoft, incluye WMV 7, WMV 8 y WMV 9. Es capaz de almacenar video de cualquier calidad y bitrate, desde streaming video hasta HDTV. Puede considerarse como una versión del diseño MPEG-4.

**REALVIDEO:** Desarrollado por Real Networks y apuntado a streaming vía internet. Muy popular hace algunos años, ahora cayendo en desuso debido a varios factores que lo hacen un formato poco práctico.

**CINEPAK:** Una primitiva versión del códec usado por el QuickTime de Apple.



**MOTION JPEG (M-JPEG):** Es un nombre trivial para aquellos formatos multimedia donde cada fotograma o campo entrelazado de una secuencia de video digital es comprimida por separado como una imagen JPEG. Es frecuentemente usado en dispositivos portátiles tales como cámaras digitales. El Motion-JPEG utiliza tecnología de codificación intracuadro, que es muy similar en tecnología a la parte I-frame de los estándares de codificación como el MPEG-1 y el MPEG-2, sin emplear la predicción intercuadro. La ausencia del uso de la predicción intercuadro conlleva a una pérdida en la capacidad de compresión, pero facilitando la edición de video, dado que se pueden realizar ediciones simples en cualquier cuadro cuando todos estos son I-frames. Los formatos de codificación tales como el MPEG-2 pueden ser también utilizados basándose meramente en este principio para proveer capacidades similares de compresión y de edición. La tasa de bits cae entre los formatos sin comprimir (como el RGB, que tiene compresión 1:1, y el YCbCr, con compresión de 1:1.5 a 1:2.5 y el MPEG con 1:100. Las tasas de datos en el orden de los 29 Mb/s poseen altísima calidad, resultando no obstante en archivos de gran tamaño.

Todos estos codecs tienen sus ventajas y desventajas propias. En general, las ventajas se miden con la fidelidad del video (definición, calidad de imagen, etc.) y el tamaño que necesitan para almacenar video.

## **2.10.2. CODECS DE AUDIO**

En la Tabla 1 se muestra un resumen con todos los CODECS:

- El Bit Rate indica la cantidad de información que se manda por segundo.
- El Sampling Rate indica la frecuencia de muestreo de la señal vocal. (cada cuanto se toma una muestra de la señal analógica)
- El Framesize indica cada cuantos milisegundos se envía un paquete con la información sonora.
- El MOS indica la calidad general del códec (valor de 1 a 5)

**Tabla 1.** Codecs de audio con pérdida, sin pérdida y de voz

Nombre	Estandarizado	Descripción	Bit Rate (Kbps)	Samplingrate (KHz)	Framesize (ms)	Observaciones	MOS (Mean Opinion Score)
<b>G.711</b>	ITU-T	Pulse Code Modulation (PCM)	64	8	Muestreada	Tiene dos versiones u-law (US, Japan) y a-law (Europa) para muestrear la señal	4.1
<b>G.721</b>	ITU-T	Adaptive differential pulse code modulation (ADPCM)	32	8	Muestreada	Obsoleta. Se ha transformado en la G.726.	
<b>G.722</b>	ITU-T	7kHz audio-coding within 64 Kbit/s	64	16	Muestreada	Divide los 16Khz en dos bandas cada una usando ADPCM	
<b>G.722.1</b>	ITU-T	Codificación a 24 y 32 Kbit/s para sistemas sin manos con baja perdida de paquetes	24/32	16	20		
<b>G.722.2 AMR-WB</b>	ITU-T	Adaptive Multi-Rate Wideband Codec (AMR-WB)	23.85/ 23.05/ 19.85/ 18.25/ 15.85/ 14.25/ 12.65/ 8.85/ 6.6	16	20	Se usa principalmente para compresión de voz en tecnología móvil de tercera generación.	
<b>G.723</b>	ITU-T	Extensión de la norma G.721 a 24 y 40 Kbit/s para aplicaciones en circuitos digitales.	24/40	8	Muestreada	Obsoleta por G.726. Es totalmente diferente de G.723.1.	

<b>G.723.1</b>	ITU-T	Dual rate speech coder for multimedia communications transmitting at 5.3 and 6.3 Kbit/s	5.6/6.3	8	30	Parte de H.324 video conferencia. Codifica la señal usando linear predictive analysis-by-synthesis coding. Para el codificador de highrate utiliza Multipulse Maximum Likelihood Quantization (MP-MLQ) y para el de low-rate usa Algebraic-Code-Excited Linear-Prediction (ACELP).	3.8-3.9
<b>G.726</b>	ITU-T	40, 32, 24, 16 Kbit/s adaptive differential pulse code modulation (ADPCM)	16 /24 /32 /40	8	Muestreada	ADPCM; reemplaza a G.721 y G.723.	3.85
<b>G.727</b>	ITU-T	5-, 4-, 3- and 2-bit/sample embedded adaptive differential pulse code modulation (ADPCM)	Variable		Muestreada	ADPCM. Relacionada con G.726.	
<b>G.728</b>	ITU-T	Coding of speech at 16 Kbit/s using low-delay code excited linear prediction	16	8	2.5	CELP.	3.61
<b>G.729</b>	ITU-T	Coding of speech at 8 Kbit/s using conjugate-structure algebraic-code-excited linear-prediction (CS-ACELP)	8	8	10	Bajo retardo (15 ms)	3.92
<b>G.729.1</b>	ITU-T	Coding of speech at 8 Kbit/s using conjugate-structure algebraic-code-excited linear-prediction (CS-ACELP)	8/12/14/ 16/18/20/ 22/24/26/ 28/30/32	8	10	Ancho de banda desde 50Hz a 7 KHz	
<b>GSM 06.10</b>	ETSI	Regular Pulse Excitation Long Term Predictor (RPE-LTP)	13	8	22.5	Usado por la tecnología celular GSM	

<b>LPC10</b>	Gobierno de USA	Linear – predictive CODEC	2.4	8	22.5	10 coeficientes. La voz suena un poco "robótica"	
<b>Speex</b>			8, 16, 32	2.15-24.6(NB) 4-44.2(WB)	30 ( NB ) 34 ( WB )		
<b>iLBC</b>			8	13.3	30		
<b>DoD CELP</b>	American Department of Defense (DoD) Gobierno de USA		4.8		30		
<b>EVRC</b>	3GPP2	Enhanced Variable Rate CÓDEC	9.6/4.8/ 1.2	8	20	Se usa en redes CDMA	
<b>DVI</b>	Interactive Multimedia Association (IMA)	DVI4 uses an adaptive delta pulse code modulation (ADPCM)	32	Variable	Muestreada		
<b>L16</b>		Uncompressed audio data samples	128	Variable	Muestreada		
<b>SILK</b>	Skype	Uncompressed audio data samples	De 6 a 40 Kbit/s	Variable	20	El codec Harmony está basado en SILK	

Fuente: <http://www.voipforo.com/codec/codecs.php>

## 2.11. REDES PRIVADAS VIRTUALES (VPNs)

Una red privada virtual, RPV, o VPN de las siglas en inglés de *Virtual Private Network*, es una tecnología de red que permite una extensión de la red local sobre una red pública o no controlada, como por ejemplo Internet.

Ejemplos comunes son la posibilidad de conectar dos o más sucursales de una empresa utilizando como vínculo Internet, permitir a los miembros del equipo de soporte técnico la conexión desde su casa al centro de cómputo, o que un usuario pueda acceder a su equipo doméstico desde un sitio remoto, como por ejemplo un hotel. Todo ello utilizando la infraestructura de Internet.

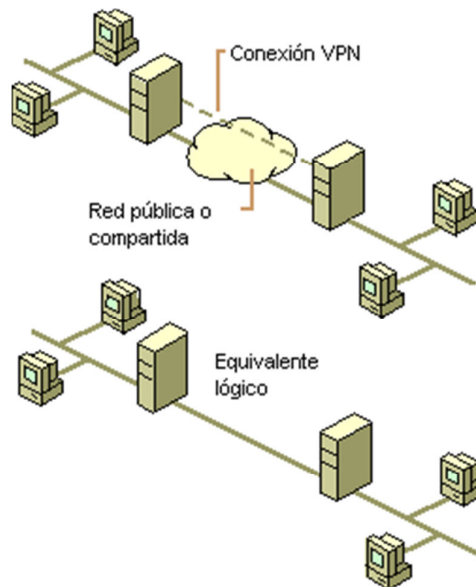


Figura 8. Equivalente lógico de una Red Privada

## 2.12. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA SEGURIDAD

Para hacerlo posible de manera segura es necesario proporcionar los medios para garantizar la autenticación, integridad de toda la comunicación:

- Autenticación y autorización: ¿Quién está del otro lado? Usuario/equipo y qué nivel de acceso debe tener.
- Integridad: de que los datos enviados no han sido alterados. Para ello se utiliza funciones de Hash. Los algoritmos de hash más comunes son los Message

Digest (MD2 y MD5) y el Secure Hash Algorithm (SHA).

- Confidencialidad: Dado que sólo puede ser interpretada por los destinatarios de la misma. Se hace uso de algoritmos de cifrado como Data Encryption Standard (DES), Triple DES (3DES) y Advanced Encryption Standard (AES).
- No repudio: es decir, un mensaje tiene que ir firmado, y el que lo firma no puede negar que el mensaje lo envió él o ella.

### **2.13. REQUERIMIENTOS BÁSICOS**

- Identificación de usuario: las VPN deben verificar la identidad de los usuarios y restringir su acceso a aquellos que no se encuentren autorizados.
- Codificación de datos: los datos que se van a transmitir a través de la red pública (Internet), antes deben ser cifrados, para que así no puedan ser leídos. Esta tarea se realiza con algoritmos de cifrado como DES o 3DES que sólo pueden ser leídos por el emisor y receptor.
- Administración de claves: las VPN deben actualizar las claves de cifrado para los usuarios.
- Nuevo algoritmo de seguridad SEAL.

### **2.14. TIPOS DE VPN**

Básicamente existen tres arquitecturas de conexión VPN, las mismas que se detallan a continuación:

#### **2.14.1. VPN DE ACCESO REMOTO**

Es quizás el modelo más usado actualmente, y consiste en usuarios o proveedores que se conectan con la empresa desde sitios remotos (oficinas comerciales, domicilios, hoteles, aviones preparados, etcétera) utilizando Internet como vínculo de acceso. Una vez autenticados tienen un nivel de acceso muy similar al que tienen en la red local de la empresa. Muchas empresas han remplazado con esta tecnología su infraestructura dial-up (módems y líneas telefónicas).

### 2.14.2. VPN PUNTO A PUNTO

Este esquema se utiliza para conectar oficinas remotas con la sede central de la organización. El servidor VPN, que posee un vínculo permanente a Internet, acepta las conexiones vía Internet provenientes de los sitios y establece el túnel VPN. Los servidores de las sucursales se conectan a Internet utilizando los servicios de su proveedor local de Internet, típicamente mediante conexiones de banda ancha. Esto permite eliminar los costosos vínculos tradicionales punto a punto (realizados comúnmente mediante conexiones de cable físicas entre los nodos), sobre todo en las comunicaciones internacionales. Es más común el siguiente punto, también llamado tecnología de túnel o *tunneling*.

**Tunneling:** La técnica de tunneling consiste en encapsular un protocolo de red sobre otro (protocolo de red encapsulador) creando un túnel dentro de una red de computadoras. El establecimiento de dicho túnel se implementa incluyendo un PDU determinada dentro de otra PDU con el objetivo de transmitirla desde un extremo al otro del túnel sin que sea necesaria una interpretación intermedia de la PDU encapsulada. De esta manera se encaminan los paquetes de datos sobre nodos intermedios que son incapaces de ver en claro el contenido de dichos paquetes. El túnel queda definido por los puntos extremos y el protocolo de comunicación empleado, que entre otros, podría ser SSH.

El uso de esta técnica persigue diferentes objetivos, dependiendo del problema que se esté tratando, como por ejemplo la comunicación de islas en escenarios multicast, la redirección de tráfico, etc.

Uno de los ejemplos más claros de utilización de esta técnica consiste en la redirección de tráfico en escenarios IP Móvil. En escenarios de IP móvil, cuando un nodo-móvil no se encuentra en su red base, necesita que su home-agent realice ciertas funciones en su puesto, entre las que se encuentra la de capturar el tráfico dirigido al nodo-móvil y redirigirlo hacia él. Esa redirección del tráfico se realiza usando un mecanismo de tunneling, ya que es necesario que los paquetes conserven su estructura y contenido originales (dirección IP de origen y destino, puertos, etc.) cuando sean recibidos por el nodo-móvil.

### **2.14.3. VPN OVER LAN**

Este esquema es el menos difundido pero uno de los más poderosos para utilizar dentro de la empresa. Es una variante del tipo "acceso remoto" pero, en vez de utilizar Internet como medio de conexión, emplea la misma red de área local (LAN) de la empresa. Sirve para aislar zonas y servicios de la red interna. Esta capacidad lo hace muy conveniente para mejorar las prestaciones de seguridad de las redes inalámbricas (Wi-Fi).

Un ejemplo clásico es un servidor con información sensible, como las nóminas de sueldos, ubicado detrás de un equipo VPN, el cual provee autenticación adicional más el agregado del cifrado, haciendo posible que sólo el personal de recursos humanos habilitado pueda acceder a la información.

Otro ejemplo es la conexión a redes Wi-Fi haciendo uso de túneles cifrados IPSec o SSL que además de pasar por los métodos de autenticación tradicionales (WEP, WPA, direcciones MAC, etc.) agregan las credenciales de seguridad del túnel VPN creado en la LAN interna o externa.

### **2.15. TIPOS DE CONEXIÓN**

- **Conexión de acceso remoto**

Una conexión de acceso remoto es realizada por un cliente o un usuario de una computadora que se conecta a una red privada, los paquetes enviados a través de la conexión VPN son originados al cliente de acceso remoto, y éste se autentifica al servidor de acceso remoto, y el servidor se autentifica ante el cliente.

- **Conexión VPN router a router**

Una conexión VPN router a router es realizada por un router, y este a su vez se conecta a una red privada. En este tipo de conexión, los paquetes enviados desde cualquier router no se originan en los routers. El router que realiza la llamada se autentifica ante el router que responde y este a su vez se autentifica ante el router que realiza la llamada y también sirve para la intranet.



- **Conexión VPN firewall a firewall**

Una conexión VPN firewall a firewall es realizada por uno de ellos, y éste a su vez se conecta a una red privada. En este tipo de conexión, los paquetes son enviados desde cualquier usuario en Internet. El firewall que realiza la llamada se autentifica ante el que responde y éste a su vez se autentifica ante el llamante.

## **2.16. VENTAJAS**

- Integridad, confidencialidad y seguridad de datos.
- Las VPN reducen los costos y son sencillas de usar.
- Facilita la comunicación entre dos usuarios en lugares distantes.

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y TÉCNICAS**

#### **3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación se enmarca dentro de un estudio **Cuasi- Experimental**, ya que se trabaja con grupos intactos y además se manipula una variable independiente. Su validez se alcanza a medida que se demuestre mejora en la calidad en el servicio de la transmisión, escogiendo el códec adecuado luego de ejecutado el análisis comparativo.

En el medio existen gran cantidad de CODECS, entre ellos, los que tienen pérdidas, los que no tienen pérdidas y los que se utilizan para voz, siendo este último el grupo intacto del que se utiliza en este estudio. (Ver anexo IV).

Se ha realizado las siguientes consideraciones para esta investigación:

- Se plantea la investigación en base a la transferencia de audio y video en infraestructura VPN.
- Se justifican los motivos por los cuales se propone realizar la siguiente investigación:

- Se elabora un marco teórico que ayude a forjar una idea general para la realización del trabajo de tesis, y así tener un horizonte más amplio.
- Se plantea una hipótesis la cual es una posible respuesta al problema planteado y posee una íntima relación entre el problema y el objetivo.
- Se propone la operacionalización de las variables en base a la hipótesis planteada.
- Se realiza la recolección de datos, y se observa el comportamiento del ambiente de pruebas en la transferencia de contenido de audio y video.
- Se realiza la prueba de la hipótesis con los resultados obtenidos.
- Se elabora las conclusiones y recomendaciones, producto de la investigación realizada.

### **3.2. TIPO DE ESTUDIO**

Por la naturaleza de la investigación se considera que el tipo de estudio que se va a realizar es una **investigación descriptiva y aplicada** ya que se utilizará el conocimiento para realizar un estudio comparativo de CODECS para audio y video, de tal modo de encontrar el más adecuado para ser aplicado en videoconferencia sobre infraestructura VPN.

### **3.3. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS**

#### **MÉTODOS.**

Para este proyecto se utiliza los siguientes métodos de investigación.

**Método Científico:** Se utiliza este método ya que las ideas, conceptos, y teorías expuestas en este proyecto de tesis son verificables como válidos, además que servirá para recopilar la información necesaria para encontrar la tecnología adecuada a ser aplicada en el ambiente de pruebas a ser construido.

**Método Deductivo:** Debido que al estudiar en forma general los diferentes tipos de CODECS se tratará de encontrar el más adecuado que contenga las mejores características para la transferencia de audio y video.

**Método Comparativo:** Después del estudio general se deberá comparar cada uno de los tipos de CODECS estudiados.

## **TÉCNICAS.**

Además se utilizará ciertas técnicas, entre ellas están:

- Observación
- Análisis

## **INSTRUMENTOS.**

Para el desarrollo de la presente investigación los instrumentos que se utilizaron fueron: Un servidor de videoconferencia, medidores de consumo de ancho de banda, medidores de tráfico y retardos, herramientas que vienen incorporadas dentro de la aplicación ISABEL para implementación y extracción de información de video conferencia.

El uso de estos instrumentos y la interpretación de los resultados darán como resultado el CÓDEC de audio y video más adecuado para la transmisión de videoconferencia sobre infraestructura VPN.

### **3.4. VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS**

La validez de los instrumentos depende del grado con que sus resultados sean los más adecuados al momento de la Implementación y de la recopilación de información.

Una aplicación muy importante en el ámbito de las videoconferencias es "Isabel". Este software fue desarrollado en la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), que combina, técnicas de producción de televisión, con un innovador mecanismo de control, que permite realizar videoconferencias desde computadores conectados a internet con un equipamiento modesto. Isabel es un software muy reconocido a nivel mundial por su aplicación y su fácil manejo. Una de las ventajas principales a la hora

de usar Isabel es que cuenta con instrumentos propios para la medición de tráfico, consumo de ancho de banda entre otras; que generan información adecuada y confiable, recopilada en una sola aplicación, comparada a herramientas independientes que por error de manipulación pueda alterar la confiabilidad de la información. De ésta manera Isabel es una adecuada elección para el desarrollo de este proyecto de tesis.

### **3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA**

Una vez definido el problema a investigar, formulados los objetivos y delimitadas las variables, se hace necesario determinar los elementos o individuos con quienes se va a llevar a cabo esta investigación, para ello se definirá la población y se seleccionará la muestra.

#### **3.5.1. POBLACIÓN**

La población es el conjunto de todos los elementos a ser evaluados, en la presente investigación. Para el análisis de la variable independiente la población la conforman el tipo de dato a transmitir ya sea Audio o Video y sus diferentes tipos de CODECS.

Por otro lado para el análisis de la variable independiente la población serán todos los posibles escenarios con los que se pueda medir el mejor desempeño de CODECS para obtener una mejora de la calidad en el servicio.

#### **3.5.2. MUESTRA**

Para el análisis de datos de todo proyecto de investigación, deben sintetizarse el conjunto de elementos que están sometidos al estudio y que son agrupados con la denominación de la muestra.

De la población determinada para el análisis de la variable independiente se seleccionó una muestra no probabilística del tipo de dato que se va a transmitir y los tipos de CODECS que son los más utilizados en proyectos de VoIP, compresión de

voz humana y compresión de video, descartando así todos aquellos que se los utiliza tanto para telefónica celular (GSM, CMDA), híbridos y que tengas licencia para su uso. Fundamentalmente bajo todos estos criterios de preselección antes expuestos se escoge las soluciones de codificación, las mismas que son apropiadas y convenientes para los fines de investigación; siendo estas:

CODECS de Audio: GSM, G-711, G-722, G-726/24 y

CODECS de Video: MPEG-4, MPEG, H263, VID

Para el análisis de la variable dependiente se tomará una muestra no aleatoria ya que los elementos representativos están determinados a juicio del investigador, por lo tanto se considerará una muestra con dos aspectos fundamentales para el desarrollo de una videoconferencia:

- Simulación de un medio de transmisión destinado solo para la Videoconferencia exclusivo.
- Simulación de un medio de transmisión compartido con otros usuarios que realizaran peticiones a otros servidores (internet).

### **3.6. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Para realizar el estudio de los aspectos más relevantes de CODECS, la información ha sido recopilada de las páginas web de soluciones de Videoconferencia, así como también de revistas web especializadas, se ha acudido a foros de expertos en soluciones de este tipo.

Dentro de la Investigación está contemplado además efectuar el estudio comparativo de los CODECS, para ello se determina ciertos parámetros (indicadores), que permitirán evaluar las características, las fortalezas y debilidades de cada una de las soluciones escogidas dentro de este estudio.

Estos parámetros han sido determinados en base a información de relevancia, publicados en investigaciones similares, revistas especializadas, estudios de tesis, foros de internet, entre otros y estos son:

- El Ancho de Banda utilizado
- El número de paquetes enviados
- El número de paquetes perdidos
- El Jitter.

Para la toma de datos dentro de este análisis comparativo se ha considerado un ambiente de pruebas. Este ambiente contempla dos escenarios que serán la simulación de un medio de transmisión destinado solo para la Videoconferencia exclusivo y el segundo la simulación de un medio de transmisión compartido con otros usuarios que realizaran peticiones a otros servidores (internet).

Los índices referentes a cada indicador se evalúan cuantitativamente en unos casos y cualitativamente en otros, plasmados en tablas individuales realizadas por parámetro, posteriormente se elaboraron tablas de resumen en donde se asignarán pesos, mediante una escala de valoración cualitativa para determinar la solución más adecuada para la Videoconferencia.

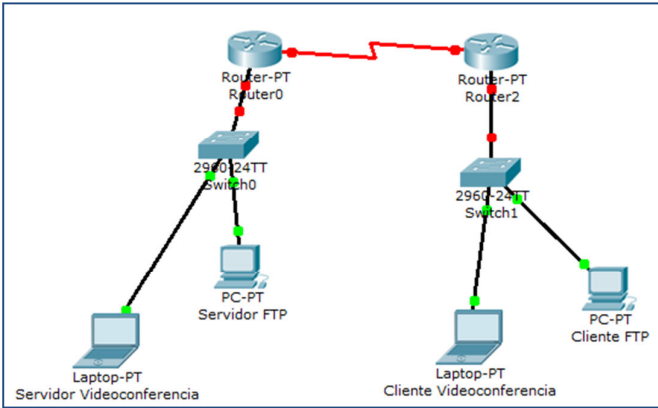
Otro objetivo contemplado en esta investigación es determinar si existe una mejora de la calidad en el servicio al seleccionar el códec más adecuado para la transmisión de Audio y Video, para ello lo primero es establecer los indicadores y sus respectivos índices, basados en la experiencia de expertos en el área, poder evaluarlos cualitativamente y cuantitativamente en base a la observación y al análisis.

Todos estos datos son organizados en tablas de valoración, y posteriormente aplicando métodos estadísticos comprobar si la selección de esta solución mejora la calidad en el servicio, de las comunicaciones de videoconferencia.

### **3.7. AMBIENTE DE PRUEBA**

Para el desarrollo de la presente investigación, primero se seleccionó el hardware y software mediante el cual se van a realizar las Videoconferencias con la característica principal de que permita la selección de los distintos tipos de CODECS tanto de video como de audio, además de la implementación de la Red Privada Virtual (VPN) todo esto para el respectivo análisis.

La figura 9, muestra el diagrama de conexiones de los elementos activos (routers, switches) y los servidores que formaran parte de los diferentes escenarios que serán el instrumento para la obtención de datos dentro de esta investigación.



**Figura 9.**Diagrama de conexiones del ambiente de Prueba.

**Elaborado por:** Ing. Juan C. Cepeda P.

### 3.8. ESCENARIOS DE PRUEBA

Para la implementación de estos escenarios de prueba se utilizó un servidor y un cliente en donde se instaló el software necesario para la investigación. Las características del servidor y el cliente se describen en la Tabla 2:

**Tabla 2.** Características de los equipos Servidor y Cliente

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Servidor y Cliente	Computador portátil: AMD Turión 64x2 Memoria: 4GB Disco Duro: 300 GB

**Elaborado por:** Ing. Juan C. Cepeda P.

El software requerido para la implementación de la comunicación punto a punto que nos servirán como instrumentos para realizar esta investigación son los siguientes:

- Isabel 4.1 (Videoconferencia. Implementación ver Anexo I)
- OpenVpn (Red Privada Virtual. Implementación Ver anexo II)



Las características de cada uno de los escenarios de prueba se describen a continuación en la Tabla3:

**Tabla 3.** Ambiente de Prueba y Escenarios.

			CODECS				
AMBIENTE DE PRUEBA	MEJORA DE LA CALIDAD EN EL SERVICIO	ESCENARIO 1: Simulación de un medio de transmisión destinado solo para la Videoconferencia exclusivo.	AUDIO	GSM	G-711,	G-722	G-726/24
			VIDEO	MPEG-4	MJPEG	H263	XVID
		ESCENARIO 2: Simulación de un medio de transmisión compartido con otros usuarios que realizaran peticiones a otros servidores (internet).	AUDIO	GSM	G-711	G-722	G-726/24
			VIDEO	MPEG-4	MJPEG	H263	XVID

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

Paran analizar el desempeño de los CODECS tanto de audio como de video se realizaron pruebas en los escenarios antes mencionados de las mismas que se tomaron 10 muestras con un medio de transmisión exclusivo para videoconferencia y 10 muestras con un medio de transmisión compartido con peticiones a otros servidores. Cada muestra que se tomó, se la realizó en videoconferencias con un tiempo de 30 minutos de duración.

### 3.9. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

- El desarrollo de un análisis comparativo del desempeño del CÓDEC más adecuado de voz y video para videoconferencia en ambientes remotos sobre infraestructura VPN, generará una mejora en la calidad del servicio.

### 3.10. DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES

De acuerdo a la hipótesis se han identificado dos variables:

**Variable Independiente:**

Análisis comparativo del desempeño del CÓDEC más adecuado de voz y video para videoconferencia.

**Variables Dependientes:**

Calidad en el servicio.

### 3.11. OPERACIONALIZACIÓN CONCEPTUAL DE VARIABLES

VARIABLE	TIPO	DEFINICIÓN
Análisis comparativo del desempeño del CÓDEC más adecuado de voz y video para videoconferencia.	Independiente	Los CODECS de voz y video transforman la señal analógica en digital para su transmisión, evaluar su desempeño para elegir el adecuado, brindaría mejoras en la comunicación.
Calidad en el servicio	Dependiente	Una comunicación clara aprovechando de mejor manera el ancho de banda que utiliza cada CÓDEC en la transmisión de datos.

### 3.12. OPERACIONALIZACIÓN METODOLÓGICA DE VARIABLES

HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICES		INSTRUMENTOS
Un análisis comparativo del desempeño del códec más adecuado de voz y video para videoconferencia en ambientes remotos sobre infraestructura VPN, generará una mejora de la calidad en el servicio.	V. Independiente Análisis comparativo para la elección de un códec adecuado de voz y video para videoconferencia.	Tipo de códec	Audio	GSM	<ul style="list-style-type: none"><li>Recopilación de Información.</li><li>Internet.</li></ul>
				G-711	
				G-722	
				G-726/24	
			Video	MPEG-4	
				MJPEG	
				H263	
				XVID	
	V. Dependiente Calidad en el servicio.	Comunicación en tiempo real	I1: Ancho de Banda		<ul style="list-style-type: none"><li>Escenarios de prueba.</li><li>Herramientas Isabel.</li></ul>
			I2: Número de Paquetes		
			I3: Paquetes Perdidos		
			I4: Jitter		

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE COMPARACIÓN**

Para realizar el estudio comparativo de CODECS de audio y video para videoconferencia, se tomó en consideración ciertos parámetros, que permitirán evaluar las cualidades o falencias de cada uno dentro de este tema de tesis.

Los problemas de la calidad en el servicio de video conferencia vienen derivados de dos factores principalmente:

**a) Internet es un sistema basado en conmutación de paquetes** y por tanto la información no viaja siempre por el mismo camino. Esto produce efectos como la pérdida de paquetes o el jitter.

**b) Las comunicaciones VoIP son en tiempo real** lo que produce que efectos como el eco, la pérdida de paquetes y el retardo o latencia sean muy molestos y perjudiciales y deban ser evitados.

Tomando en cuenta estos dos principales factores, los parámetros que han sido tomados para este desarrollo se obtiene: Ancho de Banda, Número de Paquetes, Paquetes Perdidos, Jitter. A continuación se presenta cada uno de los parámetros con una breve descripción de ellos.

## **4.2. ANCHO DE BANDA**

El ancho de banda de las comunicaciones es limitado y suele estar compartido por numerosas aplicaciones (web, correo electrónico, tráfico FTP, descarga de archivos, etc.).

En conexiones a Internet el **ancho de banda** se define técnicamente como **la cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período de tiempo dado**. El ancho de banda se indica generalmente en bites por segundo (BPS), kilobits por segundo (Kbps), o megabits por segundo (Mbps).

Si las comunicaciones de VoIP o Videoconferencia comparten ancho de banda con otras aplicaciones puede que no tengamos suficiente capacidad para mantener correctamente una comunicación.

## **VALORES RECOMENDADOS**

El ancho de banda está fuertemente relacionado con el CODEC o codificación que se utilice. Por ejemplo para una comunicación usando el CODEC G.711, la voz se codifica a 64 Kbps. Como hay que añadirle cabeceras para empaquetar los paquetes de voz, se puede necesitar aproximadamente 80 Kbps de ancho de banda para una sola conversación (depende de los protocolos sobre los que se encapsula). Si se utiliza por ejemplo un CODEC como G.729 más comprimido y que codifica la voz a 8 Kbps se necesitará añadirle las cabeceras unos 24 Kbps de ancho de banda para mantener una conversación.

## **POSIBLES SOLUCIONES**

Si se tiene problemas de ancho de banda se puede abordar el problema desde varios frentes:

- **Aumentar el ancho de banda de las redes** por las que circulen nuestras comunicaciones (normalmente pagando más)
- **Reducir el consumo que hagan otras aplicaciones** del ancho de banda (especialmente las descargas de archivos mediante redes de intercambio)
- **Usar un CODEC con mayor compresión** que usen menos ancho de banda.

#### 4.3. NÚMERO DE PAQUETES

En las comunicaciones de VoIPo de Videoconferencia es muy importante la cantidad de paquetes que se van transmitir todo esto tomando en cuenta el tipo de compresión que se va a utilizar. Es un parámetro muy importante ya que gracias a este podemos verificar al otro extremo de la comunicación si hubo pérdidas o no, y de esta forma comprobar la calidad de la videoconferencia.

#### 4.4. PAQUETES PERDIDOS

Las comunicaciones en tiempo real están basadas en el protocolo UDP. Este protocolo no está orientado a conexión y si se produce una pérdida de paquetes no se renvían.

Además la perdida de paquetes también se produce por descartes de paquetes que no llegan a tiempo al receptor.

Sin embargo la voz es bastante predictiva y si se pierden paquetes aislados se puede recomponer la voz de una manera bastante óptima. El problema es mayor cuando se producen pérdidas de paquetes en ráfagas.

#### VALORES RECOMENDADOS

La perdida de paquetes máxima admitida para que no se degrade la comunicación deber ser **inferior al 1%**. Pero es bastante dependiente del códec que se utiliza. Cuanto mayor sea la compresión del CODEC más pernicioso es el efecto de la pérdida de paquetes. Una pérdida del 1% degrada más la comunicación si se usa el códec G.729 en vez del G.711.

## POSIBLES SOLUCIONES

Para evitar la pérdida de paquetes una técnica muy eficaz en redes con congestión o de baja velocidad **es no transmitir los silencios**. Gran parte de las conversaciones están llenas de momentos de silencio. Si solo se transmitiera cuando haya información audible se liberarían bastante los enlaces y se evitarían fenómenos de congestión.

De todos modos este fenómeno puede estar también bastante relacionado con el jitter y el jitter buffer.

### 4.5. JITTER

El jitter es un efecto de las redes de datos no orientadas a conexión y basadas en conmutación de paquetes. Como la información se discretiza en paquetes cada uno de los paquetes puede seguir una ruta distinta para llegar al destino.

El jitter se define técnicamente como **la variación en el tiempo en la llegada de los paquetes, causada por congestión de red, pérdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino**.

Las comunicaciones en tiempo real (como VoIP o videoconferencia) son especialmente sensibles a este efecto. En general, es un problema frecuente en enlaces lentos o congestionados. Se espera que el aumento de mecanismos de QoS (calidad del servicio) como prioridad en las colas, reserva de ancho de banda o enlaces de mayor velocidad (100Mb Ethernet, E3/T3, SDH) puedan reducir los problemas del jitter en el futuro aunque seguirá siendo un problema por bastante tiempo.

### VALORES RECOMENDADOS

El jitter entre el punto inicial y final de la comunicación **debiera ser inferior a 100 ms**. Si el valor es menor a 100 ms el jitter puede ser compensado de manera apropiada. En caso contrario debiera ser minimizado.

## **POSIBLES SOLUCIONES**

La solución más ampliamente adoptada es la utilización del jitter buffer. El jitter buffer consiste básicamente en asignar una pequeña cola o almacén para ir recibiendo los paquetes y sirviéndolos con un pequeño retraso. Si alguno paquete no está en el buffer (se perdió o no ha llegado todavía) cuando sea necesario se descarta.

Normalmente en los teléfonos IP (hardware y software) se pueden modificar los buffers. Un aumento del buffer implica menos pérdida de paquetes pero más retraso. Una disminución implica menos retardo pero más pérdida de paquetes.

### **4.6. ESTUDIO COMPARATIVO**

#### **4.6.1. CODECS DE VIDEO**

Los CODECS utilizados para el estudio de este proyecto tienen sus ventajas y desventajas propias. En general, las ventajas se miden con la fidelidad del video (definición, calidad de imagen, etc.), el consumo de ancho de banda y los retardos que puede tener una comunicación.

Para la transmisión de video “Isabel” permite una selección de tamaño de imagen de: 160x120, 448x336, 640x480, de las cuales se seleccionó 448x336 para las muestras tomadas por ser un valor intermedio y una resolución estándar el mismo que puede ser ampliado o reducido sin que existan cambios drásticos en la imagen.

#### **4.6.2. CODECS DE AUDIO**

Similar a los CODECS de video la mejora se mide en la calidad del audio que llega al otro lado de la transmisión. Evitando en lo posible la pérdida de la información y el retardo de la misma. El software Isabel de igual manera permite seleccionar el tipo de códec a ser utilizado en la videoconferencia por medio de esto se obtienen datos de los parámetros a comparar.



#### 4.7. MUESTRAS TOMADAS DEL PRIMER ESCENARIO

- DATOS DE SOLO VIDEOCONFERENCIA

Tabla 4. Primera muestra de valores sin tráfico

CODEC	BW (Kbps)	Número de Paquetes	Paquetes Perdidos	Jitter
MPEG-4	417,66	69087	4764	14
MJPEG	1270,90	150517	981	21
H263	411,76	61069	660	12
XVID	375,45	34946	123	6

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

Tabla 5. Segunda muestra de valores sin tráfico

CODEC	BW (Kbps)	Número de Paquetes	Paquetes Perdidos	Jitter
MPEG-4	419,63	77794	4725	15
MJPEG	1248,57	150305	926	21
H263	435,95	68575	785	13
XVID	356,23	37625	123	5

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

Tabla 6. Tercera muestra de valores sin tráfico

CODEC	BW (Kbps)	Número de Paquetes	Paquetes Perdidos	Jitter
MPEG-4	424,74	77841	4247	13
MJPEG	1219,06	153340	987	24
H263	391,15	71765	665	11
XVID	354,31	35108	133	6

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

Tabla 7. Cuarta muestra de valores sin tráfico

CODEC	BW (Kbps)	Número de Paquetes	Paquetes Perdidos	Jitter
MPEG-4	387,64	66760	5174	12
MJPEG	1100,77	155239	952	24
H263	377,15	71513	735	13
XVID	420,02	39496	131	5

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

**Tabla 8.** Quinta muestra de valores sin tráfico

<b>CODEC</b>	<b>BW (Kbps)</b>	<b>Número de Paquetes</b>	<b>Paquetes Perdidos</b>	<b>Jitter</b>
<b>MPEG-4</b>	416,09	67496	4676	13
<b>MJPEG</b>	1139,33	155128	872	22
<b>H263</b>	434,88	64641	790	13
<b>XVID</b>	377,55	34357	145	5

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

**Tabla 9.** Sexta muestra de valores sin tráfico

<b>CODEC</b>	<b>BW (Kbps)</b>	<b>Número de Paquetes</b>	<b>Paquetes Perdidos</b>	<b>Jitter</b>
<b>MPEG-4</b>	433,04	73732	4916	14
<b>MJPEG</b>	1172,93	153293	901	24
<b>H263</b>	449,72	68782	699	13
<b>XVID</b>	374,06	38928	132	5

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

**Tabla 10.** Séptima muestra de valores sin tráfico

<b>CODEC</b>	<b>BW (Kbps)</b>	<b>Número de Paquetes</b>	<b>Paquetes Perdidos</b>	<b>Jitter</b>
<b>MPEG-4</b>	360,56	72997	4446	12
<b>MJPEG</b>	1135,12	142964	935	21
<b>H263</b>	445,64	66988	678	11
<b>XVID</b>	348,93	34228	138	7

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

**Tabla 11.** Octava muestra de valores sin tráfico

<b>CODEC</b>	<b>BW (Kbps)</b>	<b>Número de Paquetes</b>	<b>Paquetes Perdidos</b>	<b>Jitter</b>
<b>MPEG-4</b>	429,83	69055	5040	12
<b>MJPEG</b>	1278,47	138263	849	23
<b>H263</b>	436,56	65469	722	13
<b>XVID</b>	351,81	33539	148	5

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

**Tabla 12.** Novena muestra de valores sin tráfico

CODEC	BW (Kbps)	Número de Paquetes	Paquetes Perdidos	Jitter
<b>MPEG-4</b>	429,83	69055	5040	12
<b>MJPEG</b>	1278,47	138263	849	23
<b>H263</b>	436,56	65469	722	13
<b>XVID</b>	351,81	33539	148	5

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

**Tabla 13.** Décima muestra de valores sin tráfico

CODEC	BW (Kbps)	Número de Paquetes	Paquetes Perdidos	Jitter
<b>MPEG-4</b>	388,87	65390	4705	12
<b>MJPEG</b>	1058,10	133444	881	24
<b>H263</b>	396,43	68364	786	11
<b>XVID</b>	359,79	39857	144	7

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

#### 4.8. MUESTRAS TOMADAS DEL SEGUNDO ESCENARIO

- DATOS DE VIDEOCONFERENCIA CON TRÁFICO**

**Tabla 14.** Primera muestra de valores con tráfico

CODEC	BW (Kbps)	Número de Paquetes	Paquetes Perdidos	Jitter
<b>MPEG-4</b>	390,03	67711	4810	14
<b>MJPEG</b>	1110,47	158239	923	26
<b>H263</b>	433,18	61092	772	14
<b>XVID</b>	381,90	33936	124	4

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

**Tabla 15.** Segunda muestra de valores con tráfico

CODEC	BW (Kbps)	Número de Paquetes	Paquetes Perdidos	Jitter
<b>MPEG-4</b>	389,28	69922	4862	12
<b>MJPEG</b>	1126,21	127822	922	26
<b>H263</b>	414,81	69214	720	11
<b>XVID</b>	380,13	39009	143	4

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

**Tabla 16.** Tercera muestra de valores con tráfico

<b>CODEC</b>	<b>BW (Kbps)</b>	<b>Número de Paquetes</b>	<b>Paquetes Perdidos</b>	<b>Jitter</b>
<b>MPEG-4</b>	425,80	82166	5360	12
<b>MJPEG</b>	1168,96	137975	923	20
<b>H263</b>	408,71	65032	632	11
<b>XVID</b>	352,39	39336	146	6

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

**Tabla 17.** Cuarta muestra de valores con tráfico

<b>CODEC</b>	<b>BW (Kbps)</b>	<b>Número de Paquetes</b>	<b>Paquetes Perdidos</b>	<b>Jitter</b>
<b>MPEG-4</b>	400,74	66172	5474	13
<b>MJPEG</b>	1254,58	156405	923	20
<b>H263</b>	390,77	60303	749	14
<b>XVID</b>	390,16	33677	117	6

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

**Tabla 18.** Quinta muestra de valores con tráfico

<b>CODEC</b>	<b>BW (Kbps)</b>	<b>Número de Paquetes</b>	<b>Paquetes Perdidos</b>	<b>Jitter</b>
<b>MPEG-4</b>	389,92	68016	5195	14
<b>MJPEG</b>	1130,84	152715	923	27
<b>H263</b>	470,00	71391	858	11
<b>XVID</b>	336,46	33840	159	4

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

**Tabla 19.** Sexta muestra de valores con tráfico

<b>CODEC</b>	<b>BW (Kbps)</b>	<b>Número de Paquetes</b>	<b>Paquetes Perdidos</b>	<b>Jitter</b>
<b>MPEG-4</b>	447,32	70191	4382	14
<b>MJPEG</b>	1273,41	157514	923	19
<b>H263</b>	421,26	77444	721	14
<b>XVID</b>	389,62	40162	126	7

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

**Tabla 20.** Séptima muestra de valores con tráfico

<b>CODEC</b>	<b>BW (Kbps)</b>	<b>Número de Paquetes</b>	<b>Paquetes Perdidos</b>	<b>Jitter</b>
<b>MPEG-4</b>	453,46	77307	3749	12
<b>MJPEG</b>	1241,88	168714	922	27
<b>H263</b>	391,18	71856	808	13
<b>XVID</b>	406,22	37000	163	7

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

**Tabla 21.** Octava muestra de valores con tráfico

<b>CODEC</b>	<b>BW (Kbps)</b>	<b>Número de Paquetes</b>	<b>Paquetes Perdidos</b>	<b>Jitter</b>
<b>MPEG-4</b>	418,20	77992	4469	15
<b>MJPEG</b>	1269,89	134872	922	26
<b>H263</b>	426,08	65468	629	11
<b>XVID</b>	369,17	39150	141	6

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

**Tabla 22.** Novena muestra de valores con tráfico

<b>CODEC</b>	<b>BW (Kbps)</b>	<b>Número de Paquetes</b>	<b>Paquetes Perdidos</b>	<b>Jitter</b>
<b>MPEG-4</b>	382,75	70901	3955	12
<b>MJPEG</b>	1117,74	126353	922	23
<b>H263</b>	448,43	77634	716	12
<b>XVID</b>	349,77	34225	114	4

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

**Tabla 23.** Décima muestra de valores con tráfico

<b>CODEC</b>	<b>BW (Kbps)</b>	<b>Número de Paquetes</b>	<b>Paquetes Perdidos</b>	<b>Jitter</b>
<b>MPEG-4</b>	401,04	61762	5489	10
<b>MJPEG</b>	1217,87	164976	922	19
<b>H263</b>	419,76	58504	660	10
<b>XVID</b>	335,39	37372	119	7

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

## 4.9. GRÁFICAS DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE TIPO DE DATO: VIDEO

### 4.9.1. ÍNDICE I: ANCHO DE BANDA

Tabla 24. Resultado pruebas Ancho de Banda CODECS de Video

CÓDEC	ANCHO DE BANDA
MPEG-4	409,85
MJPEG	1191.19
H263	422.42
XVID	369.12

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

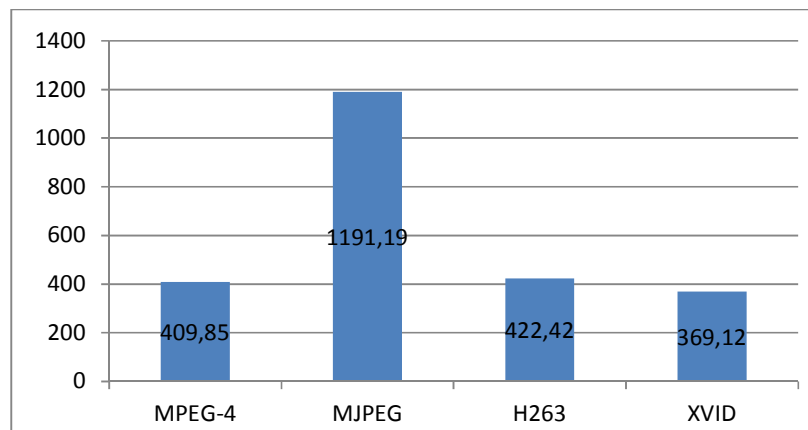


Figura 10. Gráfico Ancho de Banda utilizado para Video.

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

#### Interpretación:

En la figura 10, de las muestras tomadas de las videoconferencias realizadas, utilizando los principales CODECS de Video, se obtienen los siguientes resultados, en relación al índice ancho de banda. El códec XVID es el que menos ancho de banda utilizó para la transmisión del Video en relación a los otros tres analizados, llegando a un 100% como más óptimo en su desempeño. El códec MPEG-4 representa un 95,04% en comparación al códec XVID. El códec H263 representa un 93,51% en comparación al códec XVID. El códec MJPEG representa un 0% en comparación al códec XVID.

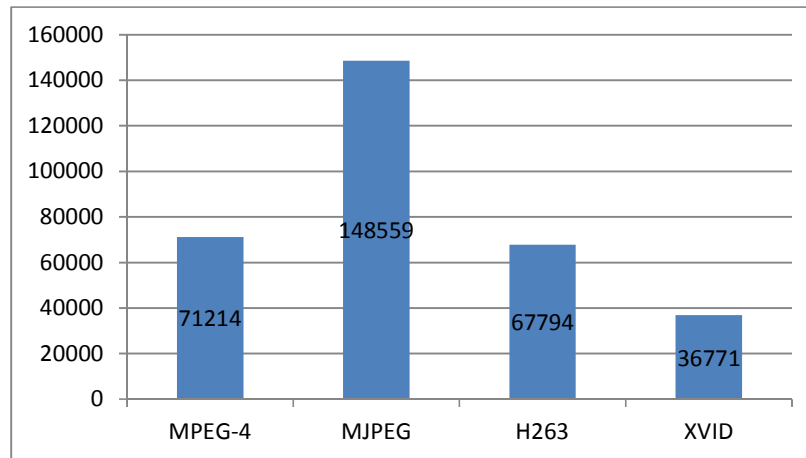
En consecuencia el códec XVID es el más óptimo para la videoconferencia en este aspecto.

#### 4.9.2. ÍNDICE II: NÚMERO DE PAQUETES TRANSMITIDOS

**Tabla 25.** Resultado pruebas Número de Paquetes Trasmitados en Video

CÓDEC	NÚMERO DE PAQUETES TX
MPEG-4	71214
MJPEG	148559
H263	67794
XVID	36771

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.



**Figura 11.**Gráfico Número de Paquetes transmitidos en Video.

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

#### Interpretación:

En la figura 11, de las muestras tomadas de las videoconferencias realizadas, utilizando los principales CODECS de Video, se obtienen los siguientes resultados, en relación al índice Número de Paquetes transmitidos, el códec XVID es el que menos cantidad de paquetes utiliza para la transmisión del Video en relación a los otros tres analizados, llegando a un 100% como más óptimo en su desempeño. El códec H263 representa un 72,25% en comparación al códec XVID. El códec MPEG-4 representa un 69,19% en comparación al códec XVID. El códec MJPEG representa un 0% en comparación al códec XVID.

En consecuencia el códec XVID es el más óptimo para la videoconferencia en este aspecto.

#### 4.9.3. ÍNDICE III: PAQUETES PERDIDOS

Tabla 26. Resultado pruebas Paquetes Perdidos en Video

CÓDEC	PAQUETES PERDIDOS
MPEG-4	4775
MJPEG	923
H263	727
XVID	135

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

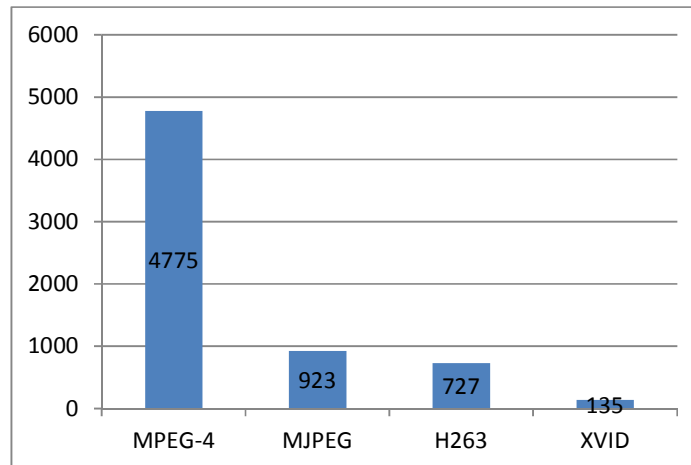


Figura 12. Gráfico Número de Paquetes perdidos en Video.

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

#### Interpretación:

En la figura 12, de las muestras tomadas de las videoconferencias realizadas, utilizando los principales CODECS de Video, se obtienen los siguientes resultados, en relación al índice Paquetes perdidos, el códec XVID es el que menos cantidad de paquetes perdidos tiene en una transmisión de video dentro de la videoconferencia en relación a los otros tres analizados, llegando a un 100% como más óptimo en su desempeño. El códec H263 representa un 87,25% en comparación al códec XVID. El códec MJPEG representa un 83,02% en comparación al códec XVID. El códec MPEG-4 representa un 0% en comparación al códec XVID.

En consecuencia el códec XVID es el más óptimo para la videoconferencia en este aspecto.



#### 4.9.4. ÍNDICE IV: JITTER

Tabla 27. Resultado pruebas Paquetes Perdidos en Video

CÓDEC	JITTER
MPEG-4	13
MJPEG	23
H263	12
XVID	6

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

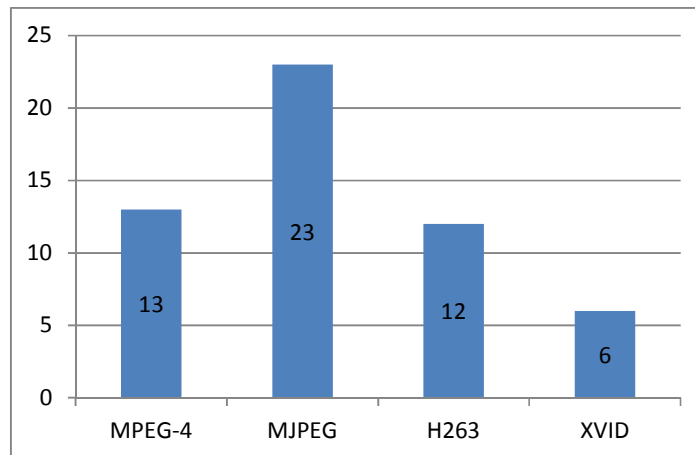


Figura 13. Gráfico Jitter dentro de la transmisión para Video.

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

#### Interpretación:

En la figura 13, de las muestras tomadas de las videoconferencias realizadas, utilizando los principales CODECS de Video, se obtienen los siguientes resultados, en relación al índice Jitter, el códec XVID es el que menos cantidad de retardo muestra en la transmisión de video dentro de la videoconferencia en relación a los otros tres analizados, llegando a un 100% como más óptimo en su desempeño. El códec H263 representa un 64,71% en comparación al códec XVID. El códec MPEG-4 representa un 58,83% en comparación al códec XVID. El códec MJPEG representa un 0% en comparación al códec XVID.

En consecuencia el códec XVID es el más óptimo para la videoconferencia en este aspecto.

#### 4.10. GRAFICAS DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE TIPO DE DATO: AUDIO

##### 4.10.1. ÍNDICE: ANCHO DE BANDA

Tabla 28. Resultado pruebas Ancho de Banda en Audio

CÓDEC	ANCHO DE BANDA
GSM	59,59
G-711	172,14
G-722	63,51
G-726/24	39,17

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

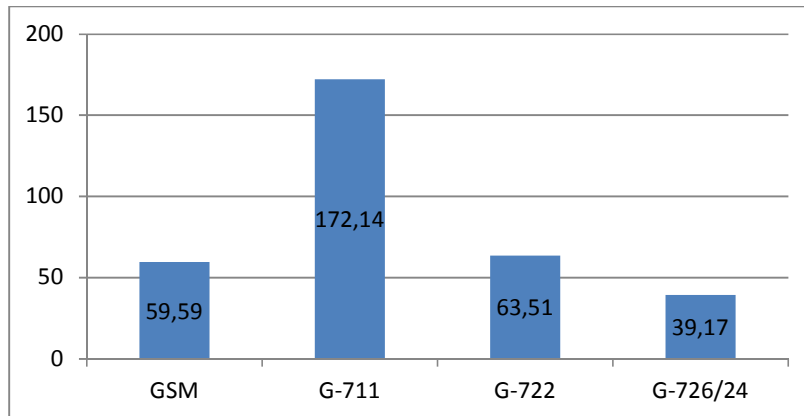


Figura 14. Gráfico Ancho de Banda utilizado para Audio.

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

#### Interpretación:

En la figura 14, de las muestras tomadas de las videoconferencias realizadas, utilizando los principales CODECS de AUDIO, se obtienen los siguientes resultados, en relación al índice Ancho de Banda, el códec **G-726/24** es el que menos cantidad de Ancho de Banda (39,17 Kbps) utiliza para la transmisión de Audio dentro de la videoconferencia en relación a los otros tres analizados, llegando a un 100% como más óptimo en su desempeño. El códec GSM representa un 78,23% en comparación al códec G-726/24. El códec G-722 representa un 76,06% en comparación al códec G-726/24. El códec G-711 representa un 0% en comparación al códec G-726/24.

En consecuencia el códec G-726/24 es el más óptimo en consumo de ancho de banda para transmitir audio en la videoconferencia.

#### 4.10.2. ÍNDICE II: NÚMERO DE PAQUETES TRANSMITIDOS

Tabla 29. Resultado pruebas Número de Paquetes Transmitidos CODECS de Audio

CÓDEC	NÚMERO PAQUETES
GSM	119050
G-711	152476
G-722	141064
G-726/24	56080

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

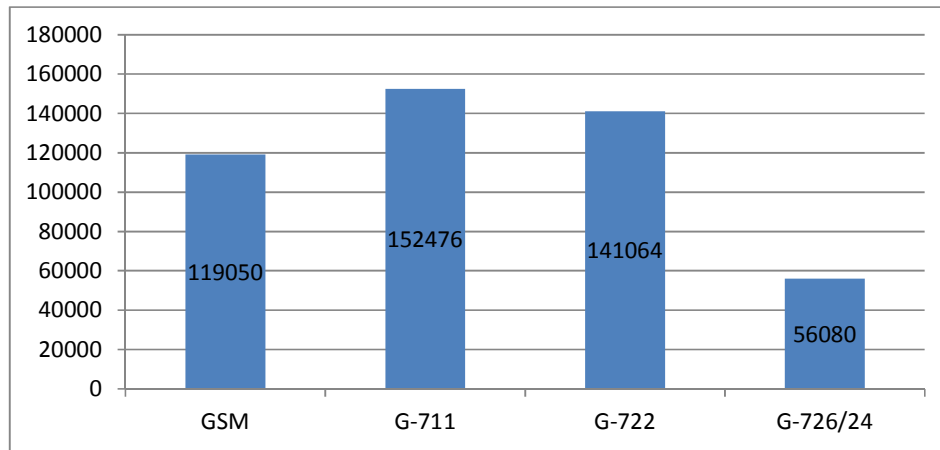


Figura 15. Gráfico Número de Paquetes transmitidos en Audio.

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

#### Interpretación:

En la figura 15, de las muestras tomadas de las videoconferencias realizadas, utilizando los principales CODECS de AUDIO, se obtienen los siguientes resultados, en relación al índice Número de Paquetes Transmitidos, el códec **G-726/24** es el que menos cantidad paquetes (56080 paquetes) utiliza para la transmisión de Audio dentro de la videoconferencia en relación a los otros tres analizados, llegando a un 100% como más óptimo en su desempeño. El códec GSM representa un 34,64% en comparación al códec G-726/24. El códec G-722 representa un 11,84% en comparación al códec G-726/24. El códec G-711 representa un 0% en comparación al códec G-726/24.

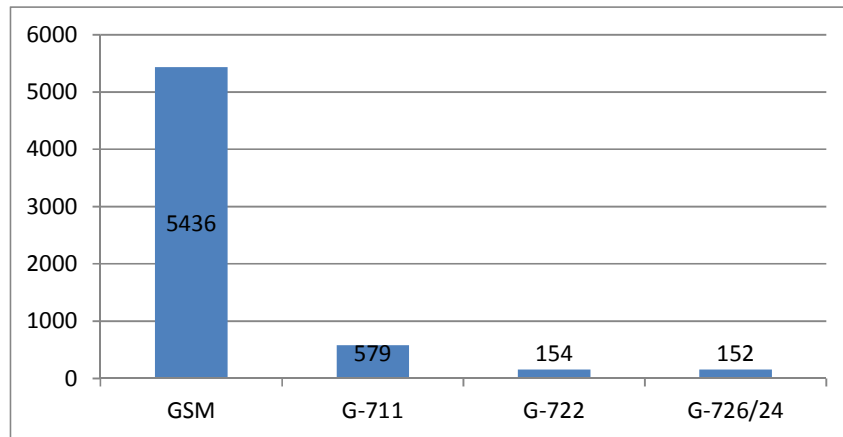
En consecuencia el códec G-726/24 es el más óptimo en cantidad de paquetes transmitidos para audio en la videoconferencia.

#### 4.10.3. ÍNDICE III: PAQUETES PERDIDOS

**Tabla 30.** Resultado pruebas Paquetes Perdidos CODECS de Audio

CÓDEC	PAQUETES PERDIDOS
<b>GSM</b>	5436
<b>G-711</b>	579
<b>G-722</b>	154
<b>G-726/24</b>	152

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.



**Figura 16.** Gráfico Número de Paquetes perdidos CODECS de Audio.

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

#### Interpretación:

En la figura 16, de las muestras tomadas de las videoconferencias realizadas, utilizando los principales CODECS de AUDIO, se obtienen los siguientes resultados, en relación al índice Paquetes Perdidos, el códec **G-726/24** es el que menos cantidad paquetes perdidos tiene en la transmisión de Audio dentro de la videoconferencia en relación a los otros tres analizados, obteniendo un total de 152 paquetes perdidos llegando a un 100% como más óptimo en su desempeño. El códec G-722 representa un 99,96% en comparación al códec G-726/24. El códec G-711 representa un 91,92% en comparación al códec G-726/24. El códec GSM representa un 0% en comparación al códec G-726/24.

En consecuencia el códec G-726/24 es el más óptimo por menos pérdida de paquetes para transmitir audio en la videoconferencia.

#### 4.10.4. ÍNDICE IV: JITTER

Tabla 31. Resultado pruebas Jitter CODECS de Audio

CÓDEC	JITTER
GSM	21
G-711	17
G-722	30
G-726/24	8

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

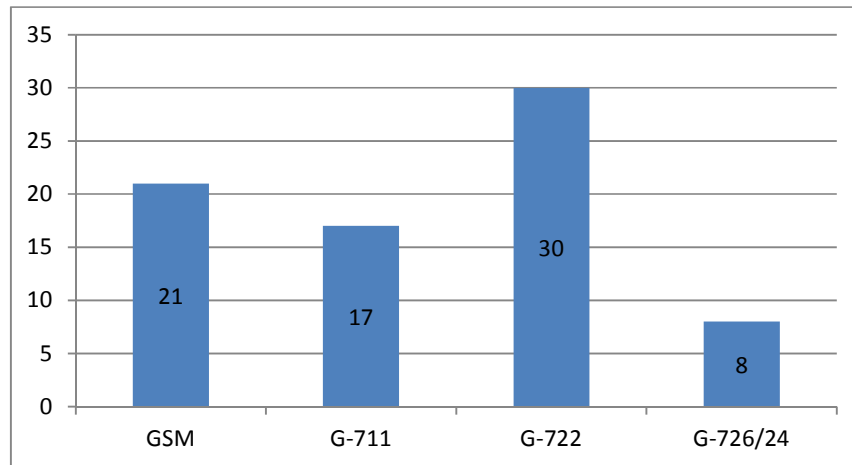


Figura 17. Gráfico Jitter CODECS de Audio.

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

#### Interpretación:

En la figura 17, de las muestras tomadas de las videoconferencias realizadas, utilizando los principales CODECS de AUDIO, se obtienen los siguientes resultados, en relación al índice Jitter, el códec **G-726/24** es el que menos cantidad de retardo tiene en la transmisión de Audio dentro de la videoconferencia en relación a los otros tres analizados, llegando a un 100% como más óptimo en su desempeño. El códec G-711 representa un 59,10% en comparación al códec G-726/24. El códec G-722 representa un 40,91% en comparación al códec G-726/24. El códec GSM representa un 0% en comparación al códec G-726/24.

En consecuencia el códec G-726/24 es el más óptimo por tener menos retardo para la transmisión de audio en la videoconferencia.

#### 4.11. VALORACIÓN CUANTITATIVA DE LAS MUESTRAS DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE TIPO DE DATO: VIDEO

Una de las herramientas más utilizadas en la evaluación de un análisis es cuantificar cada uno de sus resultados en base al mejor desempeño y a sus características.

La valoración se la realizó tomando en cuenta 4 niveles para la presentación de resultados de las tablas, colocaremos los valores cualitativos. El índice más bajo tendrá el valor de 1; el subsiguiente de 2 y así sucesivamente hasta 4.

Malo	tendrá el valor de 1
Bueno	tendrá el valor de 2
Muy bueno	tendrá el valor de 3
Excelente	tendrá el valor de 4

##### 4.11.1. ÍNDICE I: ANCHO DE BANDA

Tabla 32. Resultado Ancho de Banda valorado CODECS de Video

CÓDEC	ANCHO DE BANDA	VALORACIÓN
MPEG-4	409,85	3
MJPEG	1191.19	1
H263	422.42	3
XVID	369.12	4

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

##### 4.11.2. ÍNDICE II: NÚMERO DE PAQUETES TRANSMITIDOS

Tabla 33. Resultado Número de Paquetes Transmitido valorado CODECS de Video

CÓDEC	NÚMERO DE PAQUETES TX	VALORACIÓN
MPEG-4	71214	3
MJPEG	148559	1
H263	67794	3
XVID	36771	4

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

#### 4.11.3. ÍNDICE III: PAQUETES PERDIDOS

Tabla 34. Resultado Paquetes Perdidos valorado CODECS de Video

CÓDEC	PAQUETES PERDIDOS	VALORACIÓN
MPEG-4	4775	1
MJPEG	923	2
H263	727	2
XVID	135	4

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

#### 4.11.4. ÍNDICE IV: JITTER

Tabla 35. Resultado Jitter valorado CODECS de Video

CÓDEC	JITTER	VALORACIÓN
MPEG-4	13	3
MJPEG	23	1
H263	12	3
XVID	6	4

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

### 4.12. VALORACIÓN CUANTITATIVA DE LAS MUESTRAS DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE TIPO DE DATO: AUDIO

#### 4.12.1. ÍNDICEI: ANCHO DE BANDA

Tabla 36. Resultado Ancho de Banda valorado CODECS de Audio

CÓDEC	ANCHO DE BANDA	VALORACIÓN
GSM	59,59	3
G-711	172,14	1
G-722	63,51	3
G-726/24	39,17	4

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

#### 4.12.2. ÍNDICE II: NÚMERO DE PAQUETES TRANSMITIDOS

Tabla 37. Resultado Numero de Paquetes Transmitido Valorado CODECS de Audio

CÓDEC	NÚMERO PAQUETES	VALORACIÓN
GSM	119050	2
G-711	152476	2
G-722	141064	2
G-726/24	56080	4

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

#### 4.12.3. ÍNDICE III: PAQUETES PERDIDOS

Tabla 38. Resultado Paquetes Perdidos Valorado CODECS de Audio

CÓDEC	PAQUETES PERDIDOS	VALORACIÓN
GSM	5436	1
G-711	579	3
G-722	154	4
G-726/24	152	4

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

#### 4.12.4. ÍNDICE IV: JITTER

Tabla 39. Resultado Jitter Valorado CODECS de Audio.

CÓDEC	JITTER	VALORACIÓN
GSM	21	2
G-711	17	3
G-722	30	1
G-726/24	8	4

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

#### 4.13. VALIDAR CADA UNO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

La elección del Códec adecuado que utilice menos Ancho de Banda, el menor número de paquetes para la transmisión, una menor perdida de paquetes y una baja cantidad



de Jitter, mejoran la calidad del servicio, una mejor codificación y la confiabilidad en la transmisión de datos, como se comprueba en la el análisis estadístico.

#### 4.14. RESUMEN DE TABLAS MUESTRAS TOMADAS

- **CODECS DE VIDEO**

**Tabla 40.** Resumen valores obtenidos CODECS de Video.

CÓDEC	ANCHO BANDA (Kbps)	NÚMERO PAQUETES	PAQUETES PERDIDOS	JITTER (ms)
<b>MPEG-4</b>	409,85	71214	4775	13
<b>MJPEG</b>	1191.19	148559	923	23
<b>H263</b>	422.42	67794	727	12
<b>XVID</b>	369.12	36771	135	6

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

En la Tabla 40, como resultado de todas las videoconferencias realizadas, el códec **XVID** de video fue el que presentó un mejor desempeño comparado a los otros CODECS analizados.

- **CODECS DE AUDIO**

**Tabla 41.** Resumen valores obtenidos CODECS de Audio.

CÓDEC	ANCHO BANDA (Kbps)	NÚMERO PAQUETES	PAQUETES PERDIDOS	JITTER (ms)
<b>GSM</b>	59,59	119050	5436	21
<b>G711</b>	172,14	152476	579	17
<b>G722</b>	63,51	141064	154	30
<b>G726-24</b>	39,17	56080	152	8

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

En la Tabla 41, como resultado de todas las videoconferencias realizadas, el códec **G726/24** de audio fue el que presentó un mejor desempeño comparado a los otros CODECS analizados.

#### 4.15. RESUMEN DE TABLAS VALORES CUANTITATIVOS

- **CODECS DE VIDEO**

**Tabla 42.** Resumen valores cuantitativos CODECS de Video.

CÓDEC	ANCHO BANDA (Kbps)	NÚMERO PAQUETES	PAQUETES PERDIDOS	JITTER (ms)
<b>MPEG-4</b>	3	3	1	3
<b>MJPEG</b>	1	1	2	1
<b>H263</b>	3	3	2	3
<b>XVID</b>	4	4	4	4

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

En la Tabla 42, el códec de video que mejores resultados presentó fue el códec **XVID**.

- **CODECS DE AUDIO**

**Tabla 43.** Resumen valores cuantitativos CODECS de Audio.

CÓDEC	ANCHO BANDA (Kbps)	NÚMERO PAQUETES	PAQUETES PERDIDOS	JITTER (ms)
<b>GSM</b>	3	2	1	2
<b>G711</b>	1	2	3	3
<b>G722</b>	3	2	4	1
<b>G726-24</b>	4	4	4	4

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

En la Tabla 43, el códec de audio que mejores resultados presentó fue el códec **G726-24**.

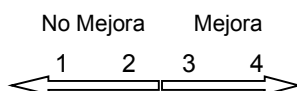
#### 4.16. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Para la prueba de la hipótesis planteada se utilizó la prueba chi cuadrada o  $\chi^2$ , que es una prueba no paramétrica a través de la cual se midió la relación entre la variable dependiente e independiente. Además se consideró la hipótesis nula  $H_0$  y la hipótesis de investigación  $H_i$ .

**Hi:** El desarrollo de un análisis comparativo del desempeño del CÓDEC más adecuado de voz y video para videoconferencia en ambientes remotos sobre infraestructura VPN, generará una mejora de la calidad en el servicio.

**Ho:** El desarrollo de un análisis comparativo del desempeño del CÓDEC más adecuado de voz y video para videoconferencia en ambientes remotos sobre infraestructura VPN, no generará una mejora de la calidad en el servicio.

Los valores se ubicarán de acuerdo a la siguiente consideración para la comprobación de la Hipótesis (Tabla 44):



**Tabla 44.** Presentación de los Resultados.

		INDICADOR	VARIABLE INDEPENDIENTE							
			VIDEO				AUDIO			
			MPEG-4	MJPEG	H263	XVID	GSM	G711	G722	G726-24
VARIABLE DEPENDIENTE	HIPÓTESIS  Mejora la calidad en el Servicio	I1: Ancho de Banda	3	-	3	4	3	-	3	4
		I2: Número de Paquetes	3	-	3	4	-	-	-	4
		I3: Paquetes perdidos		-		4	-	3	4	4
		I4: Jitter	3	-	3	4	-	3		4
		TOTAL	9	0	9	16	3	6	7	16
	HIPÓTESIS NULA  No mejora la calidad en el Servicio	I1: Ancho de Banda	-	1	-	-	-	1	-	-
		I2: Número de Paquetes	-	1	-	-	2	2	2	-
		I3: Paquetes perdidos	1	2	2	-	1	-	-	-
		I4: Jitter		1	-	-	2	-	1	-
		TOTAL	1	5	2	0	5	2	3	0

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

La tabla de contingencia creada para el cálculo de la chi cuadrada, contiene a las dos variables en estudio: Tipo de códec para video conferencia y el tipo de dato que va a ser enviado. En la Tabla 45 se anotan las frecuencias observadas en la investigación.

**Tabla 45.** Frecuencias Observadas en la Investigación.

	VIDEO				AUDIO				TOTAL
	MPEG-4	MJPEG	H263	XVID	GSM	G711	G722	G726-24	
<b>Hi:</b> Mejora la Calidad en el Servicio	9	0	9	16	3	6	7	16	<b>66</b>
<b>Ho:</b> No mejora la calidad en el Servicio	1	5	2	0	5	2	3	0	<b>18</b>
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>16</b>	<b>84</b>

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

La Tabla 46 contiene las frecuencias esperadas. La cual constituye los valores que esperaríamos encontrar si las variables no estuvieran relacionadas. La chi cuadrada partirá del supuesto de “no relación entre las variables” y se evaluará si es cierto o no, analizando si las frecuencias observadas son diferentes de lo que pudiera esperarse en caso de ausencia de correlación.

La frecuencia esperada de cada celda, se calcula mediante la siguiente fórmula aplicada a la tabla de frecuencias observadas.

$$fe = \frac{(total\_de\_fila)(total\_de\_columna)}{N}$$

Donde, **N** es el número total de frecuencias observadas.

Para la primera celda la frecuencia esperada sería:

$$fe = \frac{(66)(10)}{84} = 7,86$$

**Tabla 46.** Frecuencias Esperadas.

	VIDEO				AUDIO				TOTAL
	MPEG-4	MJPEG	H263	XVID	GSM	G711	G722	G726-24	
<b>Hi:</b> Mejora la calidad de Servicio	7,86	3,93	8,64	14,57	6,29	6,29	7,86	12,57	66,01
<b>Ho:</b> No mejora la Calidad de Servicio	2,14	1,07	2,36	3,43	1,71	1,71	2,14	3,43	17,99
<b>TOTAL</b>	10	5	11	16	8	8	10	16	84

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

Una vez obtenidas las frecuencias esperadas, se aplica la siguiente fórmula de chi cuadrada:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

Donde: **O** es la frecuencia observada en cada celda

**E** es la frecuencia esperada en cada celda

En la Tabla 47 se calcula el valor de  $\chi^2$  para cada celda.

**Tabla 47.** Cálculo del valor total de  $\chi^2$ .

			Observadas	Esperadas	O-E	(O-E) <sup>2</sup>	(O-E) <sup>2</sup> /E
Mejora Calidad de Servicio con:	VIDEO	MPEG-4	9	7,86	1,14	1,300	0,1654
		MJPEG	0	3,93	-3,93	15,445	3,9300
		H263	9	8,64	0.36	0,130	0,0150
		XVID	16	14,57	1.43	2,045	0,1404
	AUDIO	GSM	3	6,29	-3.29	10,824	1,7208
		G711	6	6,29	-0.29	0,084	0,0134
		G722	7	7,86	-0.86	0,740	0,0941
		G726-24	16	12,57	3.43	11,765	0,9360
No mejora la calidad de Servicio con:	VIDEO	MPEG-4	1	2,14	-1.14	1,300	0,6075
		MJPEG	5	1,07	3.93	15,445	14,4346
		H263	2	2,36	-0.36	0,130	0,0551
		XVID	0	3,43	-3.43	11,765	3,4300
	AUDIO	GSM	5	1,71	3.29	10,824	6,3298
		G711	2	1,71	0.29	0,084	0,0491
		G722	3	2,14	0.86	0,740	0,3458
		G726-24	0	3,43	-3.43	11,765	3,4300
TOTAL DE LA TABLA X <sup>2</sup> =							35,6970

Elaborado por: Ing. Juan C. Cepeda P.

**INTERPRETACIÓN:** Para saber si el valor de  $X^2$  es o no significativo, se debe determinar los grados de libertad mediante la siguiente fórmula:

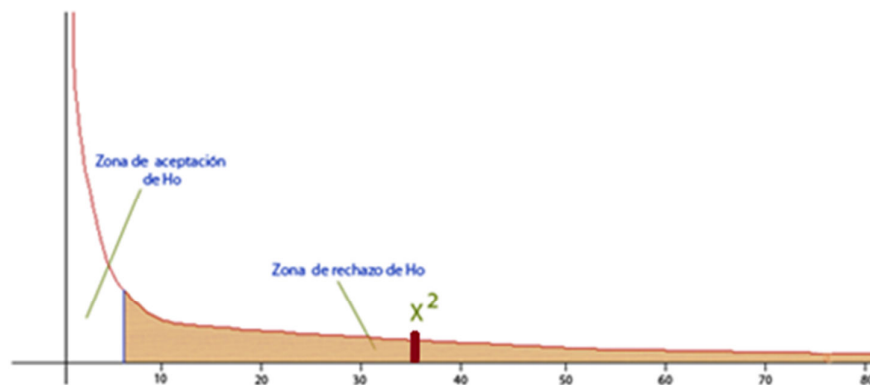
$$Gl = (r - 1)(c - 1)$$

Donde: **r** es el número de filas de la tabla de contingencia  
**c** es el número de columnas de la tabla de contingencia

Por lo tanto:

$$Gl = (2 - 1)(8 - 1)$$
$$Gl = 7$$

De la tabla de distribución del  $X^2$  que se encuentra en el Anexo 2 y eligiendo como nivel de confianza  $\alpha = 0,05$  se obtiene:  $X^2 = 14,06$ . El valor de  $X^2$  calculado en esta investigación es de **35,6970** que es muy superior al de la tabla de distribución; por lo que el valor de  $X^2$  está en la zona de rechazo de la hipótesis Nula por lo cual se acepta la hipótesis de investigación. (Figura 18).



**Figura 18.** Gráfica de la Función  $X^2$ .

**Elaborado por:** Ing. Juan C. Cepeda P.

## CONCLUSIONES

- La evaluación de los diferentes CODECS de video para videoconferencia entregó como resultado que el códec de mejor desempeño en Video fue el XVID por su consumo mínimo de ancho de Banda (369,12 Kbps), baja pérdida de paquetes y el menor retardo.
- De los diferentes CODECS de audio para videoconferencia después de la presente investigación se obtuvo que el códec con mejor desempeño fue el G726/24 por su consumo mínimo de ancho de banda (39.17 Kbps), baja pérdida de paquetes y el menor retardo, ya que el ruido es casi inexistente.
- De la presente investigación se obtuvo que el códec XVID es el más óptimo al momento de transmitir video en una videoconferencia. Aunque no es el más utilizado en el medio con frecuencia, esto se debe a que este códec requiere de una mayor calidad del hardware para su compresión.
- De la comprobación de la hipótesis la selección del tipo de códec que se utilice para la comunicación de videoconferencia influye muchísimo en la calidad de la misma, por esta razón se debe tomar en cuenta las características del medio de transmisión para realizar la selección correcta del CODEC.

## RECOMENDACIONES

- Se espera que el uso de la Videoconferencia aumente rápidamente en los próximos años, pero se observa que un gran porcentaje de las empresas no tienen planes específicos para garantizar la seguridad de la implementación de esta tecnología. Sin embargo, no es aconsejable ignorar el tema de la seguridad, ya que es muy probable que en el futuro los atacantes busquen cada vez más maneras de explotarla.
- Es conveniente escoger equipos de plataforma abierta para la operación y el mantenimiento. Esto permite tener un solo sistema de información para la gestión de todos los equipos de la red, lo cual facilita la labor de los operadores y del personal de monitoreo.
- Para implementaciones de video conferencia se recomienda el uso de la aplicación Isabel por algunos factores importantes incluyendo: su fácil implementación y fácil manejo, además que dentro de la configuración de la aplicación permite escoger el tipo de códec adecuado que se desea utilizar en la videoconferencia garantizando un mejor desempeño de la misma.



# BIBLIOGRAFÍA

## INTERNET

### 1. CAPÍTULO 3. VIDEOCONFERENCIA.

[catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/msp/.../capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/msp/.../capitulo3.pdf)

2009 – 03 – 10

### 2. CODECS.

<http://www.voipforo.com/codec/codecs.php>

2009 – 03 – 10

### 3. COMPARATIVA: MEDIDORES DE TRÁFICO

<http://onsoftware.softonic.com/comparativa-medidores-traffic-red>

2010 – 03 – 25

### 4. INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE VIDEOCONFERENCIA.

<http://www.kinebit.com/es/sobre-la-videoconferencia/informacion-tecnica.html>

2009 – 03 – 10

### 5. INSTALAR Y CONFIGURAR CLIENTE VPN EN UBUNTU.

<http://www.carlosarranz.es/informatica/instalar-y-configurar-cliente-vpn-en-ubuntu/>

2009 – 06 – 17

### 6. ISABEL DOWNLOAD, LATEST RELEASE.

<http://www.agora-2000.com/?display=products/isabel/downloads.html>

2009 – 04 – 19

**7. ISABEL: REUNIONES, CLASES Y CONGRESOS POR INTERNET**

<http://www.slideshare.net/jquemada/isabel-reuniones-clases-y-congresos-a-travs-de-internet>

2009 – 04 – 19

**8. ISABEL VIDEOCONFERENCE 5.0 RELEASE IS GPL.**

<http://isabel.dit.upm.es/>

2009 – 04 – 19

**9. SERVIDOR VPN CON OPEN VPN EN UBUNTU.**

<http://ubunlog.com/instala-tu-propio-servidor-vpn-con-openvpn-en-ubuntu-10-04-server/>

2009 – 06 – 17

**10. VIDEOCONFERENCIA AVANZADA PARA PC**

[www.agora-2000.com/pdfs/isabel\\_hoja\\_es.pdf](http://www.agora-2000.com/pdfs/isabel_hoja_es.pdf)

2009 – 04 – 19

**11. VIDEOCONFERENCIA Y HERRAMIENTAS COLABORATIVAS.**

<http://www.uc3m.es/portal/page/portal/informatica/audiovisuales/videoconferencia>

2009 – 04 – 19

# Anexos

# **ANEXO I**

## **UBUNTU LIVE ISABEL**

### **Guía de instalación y Uso Isabel 4,10**

#### **Introducción**

La aplicación ISABEL es una herramienta de colaboración en grupo para Internet, basado en las características avanzadas de videoconferencia.

Isabel se puede instalar en un sistema operativo GNU / Linux basada en Ubuntu, como Dapper Drake 6.06 LTS como un paquete Debian integrado en la base de datos de paquete y con el sistema de actualización completa basada en repositorios o sólo se puede ejecutar paquetes en una versión Live CD de Ubuntu sin necesidad de instalarlo.

Si está utilizando RPM basados en distribuciones de Linux, también puede descargar paquetes RPM como Isabel listo para ser utilizado con este tipo de distribuciones.

Este documento describe las instrucciones para ejecutar el Live CD de Ubuntu Isabel (Ubuntu Dapper Drake Live CD incluido con la aplicación Isabel).

#### **Requisitos**

Para ejecutar el Live CD de Ubuntu Isabel se necesita un PC o un ordenador compatible con al menos 512 MB de RAM con un procesador Intel i686 basado en microprocesador o compatible.

Usted también necesitará una tarjeta de sonido y un dispositivo de webcam o de captura de TV a unirse y participar en un evento de Isabel.

Si desea instalar la distribución Ubuntu Dapper Drake con Isabel en su disco duro, usted necesitará por lo menos 2 GB de espacio libre disponible.

## **Consejos de Desempeño**

Con el Live CD de Ubuntu Isabel será capaz de correr y participar en sesiones con Isabel, pero no será capaz de almacenar todos los datos o configuraciones ya que el sistema operativo se ejecuta en la memoria volátil y no utiliza las unidades de disco duro. Por otra parte, se leerá toda la información y los programas que necesita de la unidad de CD, por lo que el rendimiento del sistema no será tan óptimo como en una versión instalada.

## **Descargar el Live CD de Ubuntu Isabel**

Se puede descargar la imagen ISO del Live CD de Ubuntu Isabel desde el sitio web de Agora en la siguiente dirección: <http://www.agora-2000.com/?display=products/isabel/> y luego seleccionar la opción "Descargar".

Siga las instrucciones de la página de descarga para obtener el archivo ISO. Este archivo por lo general es de más de 800 o 900 MB.

## **Grabar la imagen ISO en un CD**

Se puede grabar la imagen ISO en un disco CD-R/RW / + R / + RW con cualquier programa para grabar CDs.

## **A partir del Live CD de Ubuntu Isabel**

### **Iniciar el Computador**

Reinicie el computador con el Live CD de Ubuntu Isabel dentro de su CD / DVD y configure la BIOS para arrancar desde el Cd en lugar de arrancar desde el disco duro.

Al arrancar el computador desde la unidad de CD/DVD, aparecerá una pantalla como se muestra en la figura \*. Si se desea cambiar el idioma o el mapa del teclado, a continuación, se debe presionar la tecla F2 o F3 y seleccionar el idioma o el mapa de

teclado que se desee. Por defecto, se utilizará el mapa de teclado Inglés.

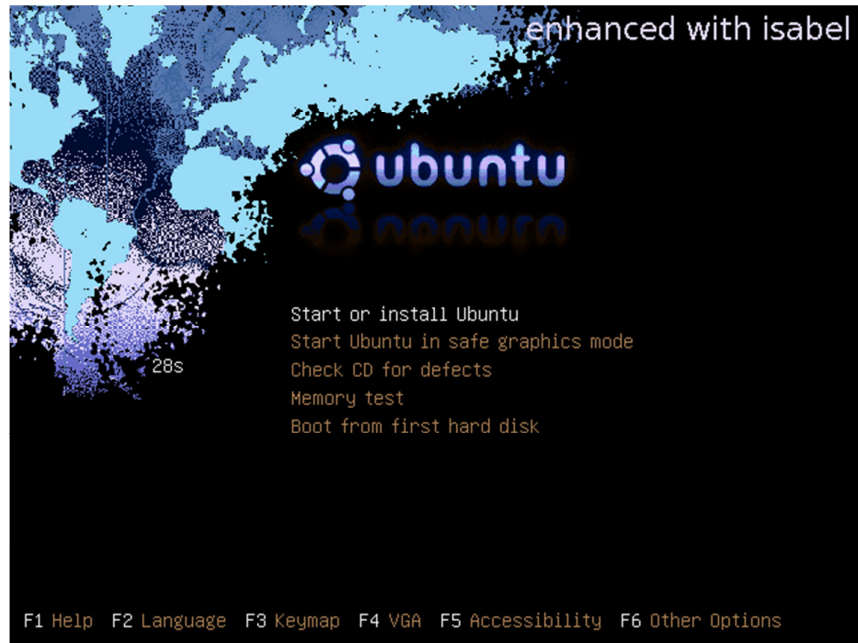


Figura 19. Ubuntu Dapper Drake Live DVD mejorado con pantalla de Isabel.

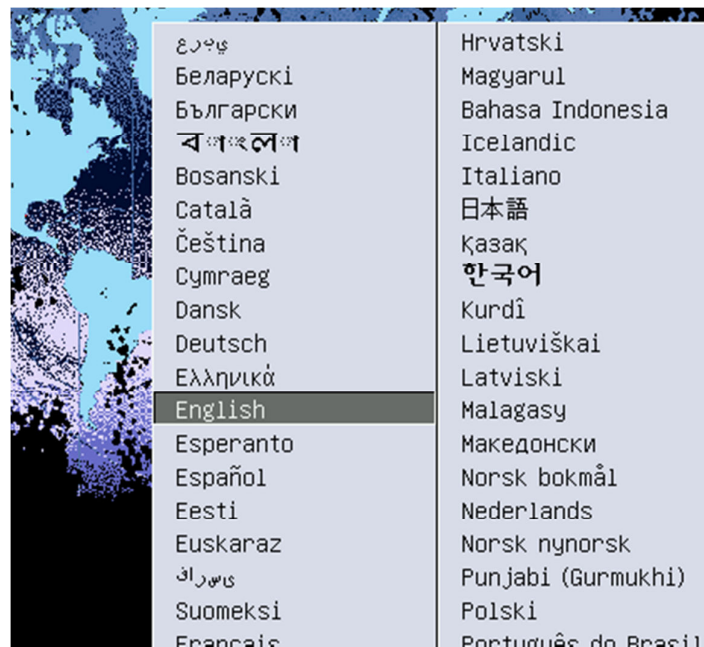


Figura 20. Selección del Idioma.



Figura 21. Selección del mapa del Teclado.

Para empezar Ubuntu, se selecciona la primera opción y se pulsa Enter. A continuación, el Kernel de Linux se cargará y el Live CD de Ubuntu Isabel iniciará la detección y configuración de sí mismo para trabajar con el ordenador.

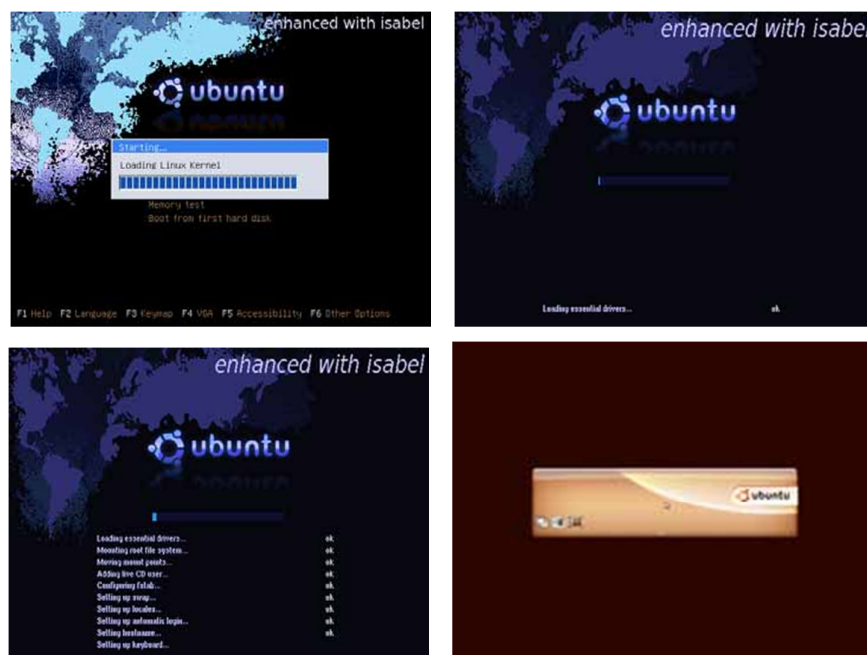


Figura 22. Carga del Live CD Ubuntu.

## Configuración del Live CD

Cuando el Live CD completa su carga, se tendrá una sesión de trabajo lista para lanzar Isabel y conectarlo a una sesión. Antes de ejecutar Isabel, se debe comprobar que el sistema tenga conectividad de red y la resolución de pantalla esté ajustada a 1024x768.

Por último, también se debe aceptar el Acuerdo de Licencia de Isabel antes de usar la aplicación.

## Configuración de la red

Esta edición de Ubuntu personalizada se ejecuta automáticamente la ventana de propiedades de red y la ventana de resolución de la pantalla para que pueda establecer estos parámetros fácilmente. En primer lugar, el Live CD siempre trata de buscar una configuración de red válida mediante la ejecución de un servidor DHCP de búsqueda y descubrimiento de solicitud de una dirección IP válida, por lo que si la red se ha configurado con un servidor DHCP, Ubuntu estará listo para ser conectado e integrado en su red de forma automática.

Si no se tiene la configuración de la red establecida por DHCP, tendrá que introducir manualmente los parámetros de red, como la dirección IP, máscara de red, puerta de enlace predeterminada y servidor DNS. Se puede pulsar el botón Ayuda para obtener más información sobre cómo configurar la red en Gnome.

Si se necesita cambiar más adelante los ajustes, se puede encontrar esta ventana en el **Menú Sistema > Administración > Red**.



Figura 23. Gnome ventana de propiedades de la red



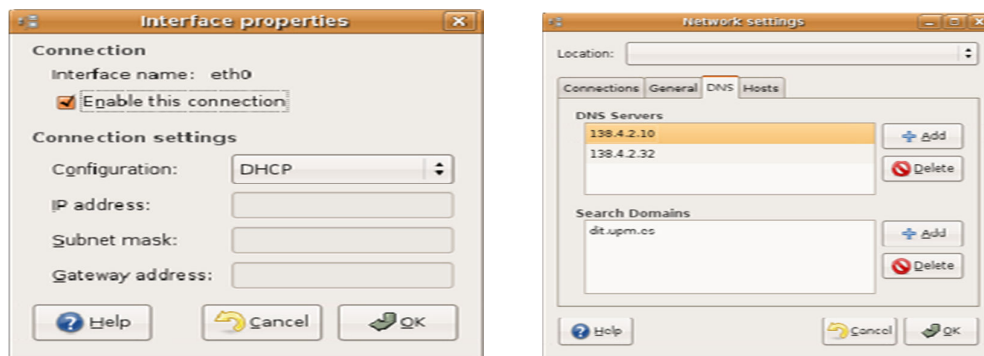


Figura 24. Configuración de red de la Interfaz: IP y del DNS

## Resolución de la pantalla

Seleccione ahora la resolución de pantalla adecuada para Isabel: en la ventana Propiedades de pantalla, abra el menú desplegable de selección y elija 1024x768 y luego hacer clic en el botón Aceptar para cambiar inmediatamente la resolución de la pantalla.

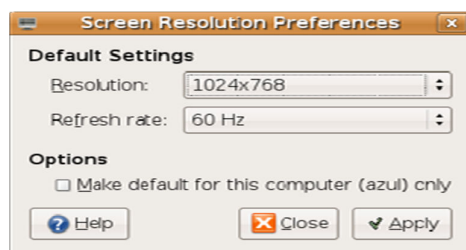


Figura 25. Selección de la resolución de la pantalla

Si se necesita cambiar más adelante esta configuración, se debe abrir esta ventana desde **Menú Sistema>Configuraciones>Resolución de la Pantalla**

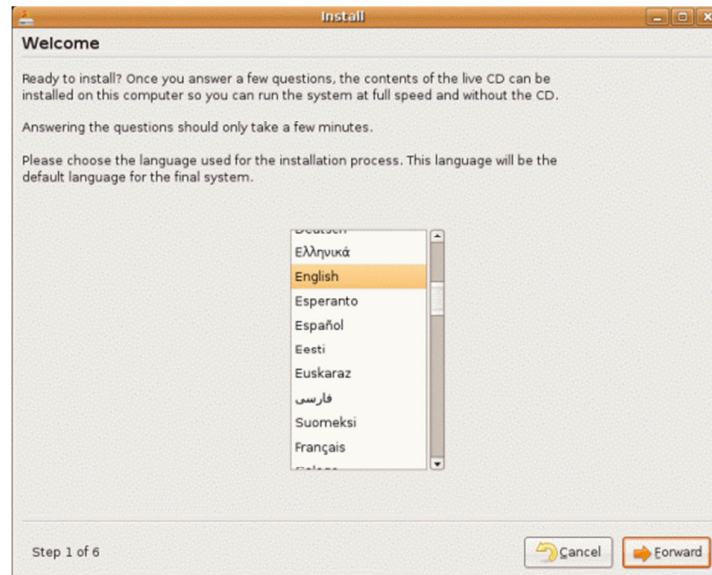
## Instalación de Ubuntu en el Computador

Si se va a utilizar regularmente Isabel o cualquier otra aplicación que viene con Ubuntu, se debe instalar en el ordenador para mejorar el rendimiento del sistema. Además, si se va a instalar una licencia de Isabel comercial (por ejemplo, para realizar sesiones de Isabel), se debe instalar en el disco duro, ya que cualquier cambio (incluyendo la instalación de licencias) que se puede hacer en el Live CD se perderá cuando se reinicie el equipo.

Para instalar Ubuntu, simplemente se debe hacer doble clic sobre el icono de instalación en el escritorio y seguir las instrucciones del asistente de instalación.

### **Selección de idioma**

Si se desea cambiar el idioma de instalación, se debe seleccionar de la lista y luego ir al siguiente paso.



**Figura 26.**Selección de idioma en el instalador de Ubuntu

### **Configuración de Fecha y hora**

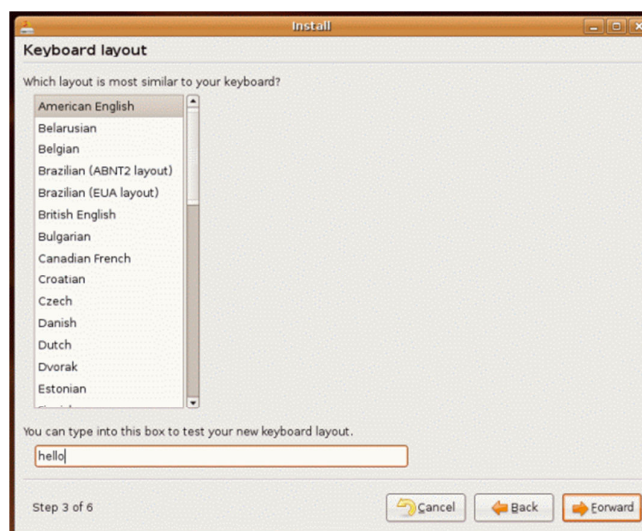
Se puede seleccionar la ubicación del equipo instalado. Hacer clic en el mapa de la zona más cerca que se encuentre y se ampliará para mostrar las zonas de tiempo disponible. Seleccione la fecha y la zona de tiempo y si lo desea, compruebe la fecha de actualización automática y el tiempo con el servidor NTP.



**Figura 27.**Selección de Ubicación en el instalador de Ubuntu

## Selección del Tipo de Teclado

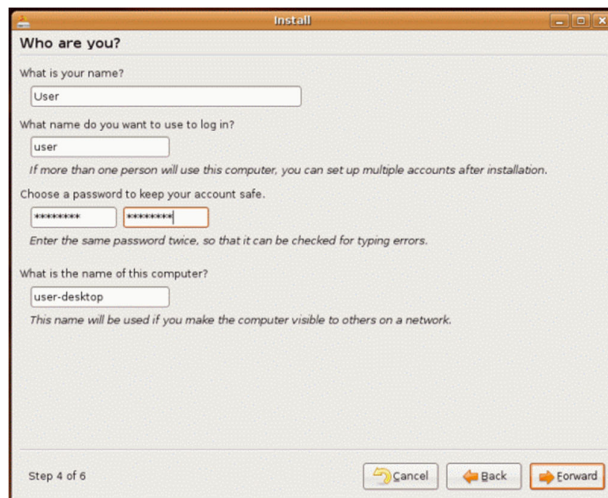
Si el tipo de teclado es diferente que el idioma que está instalando se debe seleccionar el tipo de teclado adecuado para el ordenador.



**Figura 28.**Selección del tipo de teclado antes de instalar Ubuntu

## Creación de usuarios

Se debe crear un usuario para la versión instalada. Ingresar un nombre y apellido, el instalador sugiere un nombre de usuario, o si se desea, puede personalizar el nombre de usuario que esté a punto de crear.

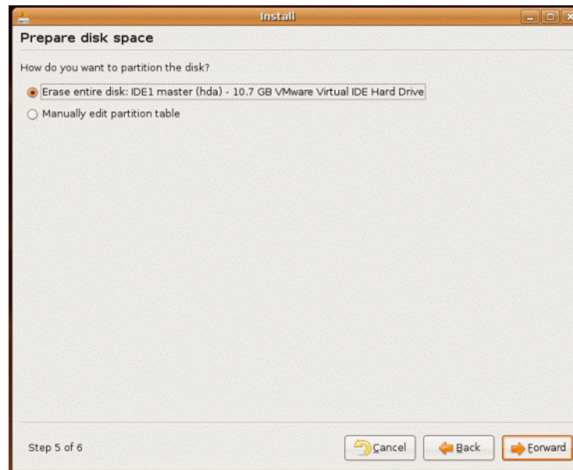


**Figura 29.** Creación de usuario en el Instalador de Ubuntu

Elegir con cuidado el tipo de contraseña e ingresarlo dos veces. Se necesitará esta contraseña para acceder a la cuenta y cada vez que se requiera realizar acciones administrativas, tales como actualizaciones o cambios en la red.

## Particiones del disco duro

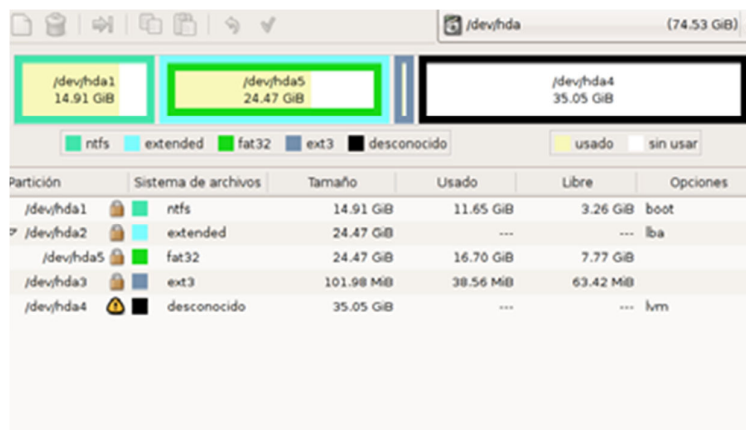
Esta es la parte más difícil de la instalación, ya que una selección incorrecta puede destruir todos los datos del disco duro. El usuario debe decidir dónde desea instalar el sistema. El instalador sugerirá la mejor opción para el sistema.



**Figura 30.**Opciones de partición para el instalador de Ubuntu

Si se va a instalar Ubuntu en un disco duro en blanco, a continuación, elija la primera opción, "formato de toda la unidad e instalar", pero si ya ha instalado otros sistemas operativos como Microsoft Windows, entonces usted será capaz de cambiar el tamaño de las particiones de Windows para dejar espacio a Ubuntu o para instalar Ubuntu en el espacio libre disponible y no particionado de la unidad.

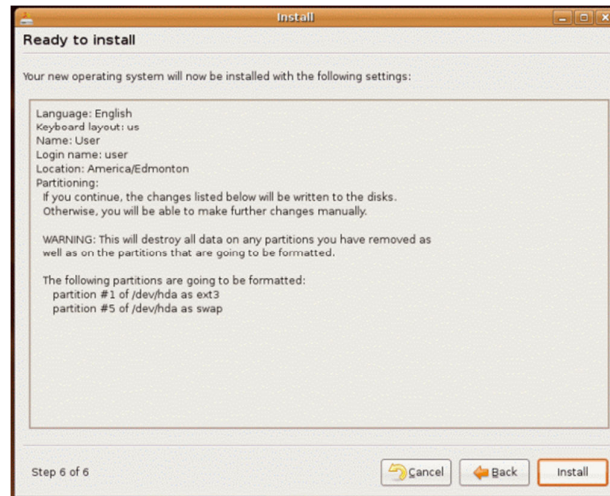
Finalmente, si se está familiarizado con el particionado del disco, puede editar la tabla de particiones manualmente, crear, editar, redimensionar y eliminar particiones. Si se realiza esto, entonces se debería seleccionar los puntos de montaje de las particiones en la ventana siguiente. Las opciones por defecto de Ubuntu, que le proporcionan son válidas para los usuarios comunes.



**Figura 31.**Selección de partición personalizada

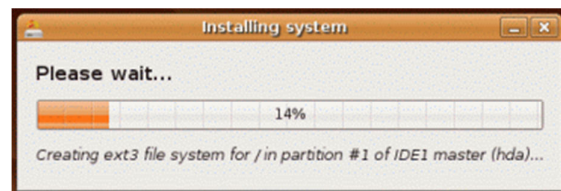
## Instalación

Al terminar con esta selección, un informe con las acciones que se van a realizar será presentado y si usted está de acuerdo con ellos, usted será capaz de instalar el sistema operativo Ubuntu con Isabel en su disco duro pulsando en el botón Instalar.



**Figura 32.**Opciones de instalación para Ubuntu

A continuación se podrá ver una ventana que indica cómo el proceso de instalación avanza.

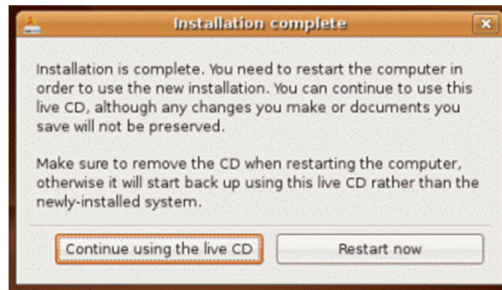


**Figura 33.**Progreso de la Instalación

## Reinicio del sistema

Una vez que el sistema esté completamente instalado y configurado correctamente, puede reiniciar el sistema para empezar a utilizar el nuevo Ubuntu Dapper Drake con sabor a Isabel.





**Figura 34.** Reinicie el sistema para utilizar la copia instalada de Ubuntu

La cuenta de root está deshabilitado cuando se instala por primera vez Ubuntu. El primer usuario creado durante la instalación tiene derechos administrativos en el sistema, y puede ejecutar programas como root con sudo, utilizando sólo la contraseña de usuario normal.

## **ISABEL 4.10 GUÍA RÁPIDA**

### **Introducción**

ISABEL es una herramienta de colaboración en grupo para Internet que permite la organización eficiente de los procedimientos de trabajo sobre redes privadas virtuales, el Internet o la próxima generación de Internet, permitiendo a la organización oportuna de reuniones o sesiones de entrenamiento. El uso de ISABEL conduce a un aumento de la productividad y la reducción de tiempos de espera en las organizaciones, grupos o proyectos.

Este documento es una guía rápida para las personas que deseen organizar una videoconferencia utilizando Isabel, sin necesidad de preocuparse por las características avanzadas del software.

### **Requisitos**

Los siguientes requisitos deben cumplirse antes de continuar con esta guía:

- Isabel ya ha sido instalado y probado en todos los terminales participantes en la conferencia
- Una red IP correcta se ha desplegado para comunicar todos los terminales participantes
- Equipamiento audiovisual (tales como micrófonos, cámaras, altavoces,) ya se han conectado a Isabel y probado

### **Información General**

Para crear una sesión de Isabel simple, uno de los terminales debe actuar como servidor de sesiones. Servidor de sesiones como se definen los parámetros de la sesión (como el servicio utilizado y la calidad). Los participantes en la sesión se unirán a la sesión definido e iniciado por el servidor de sesiones.



## Isabel configuración sencilla

Antes de crear o conectarse a una sesión, se debe configurar algunos parámetros. Seleccione "ISABEL -> Editar configuración local" en el menú de Isabel.



Figura 35.Menú Isabel

Se abrirá la ventana "Isabel Options" donde se debe configurar un nickname (apodo) y la ubicación. El valor de estos parámetros debe ser determinado por el organizador de la sesión, pero se puede cambiar en cualquier momento. Se debe tener en cuenta que cuando se está participando en una sesión y que se desee cambiar estos parámetros, tendrá que desconectar y volver a aplicar los cambios.

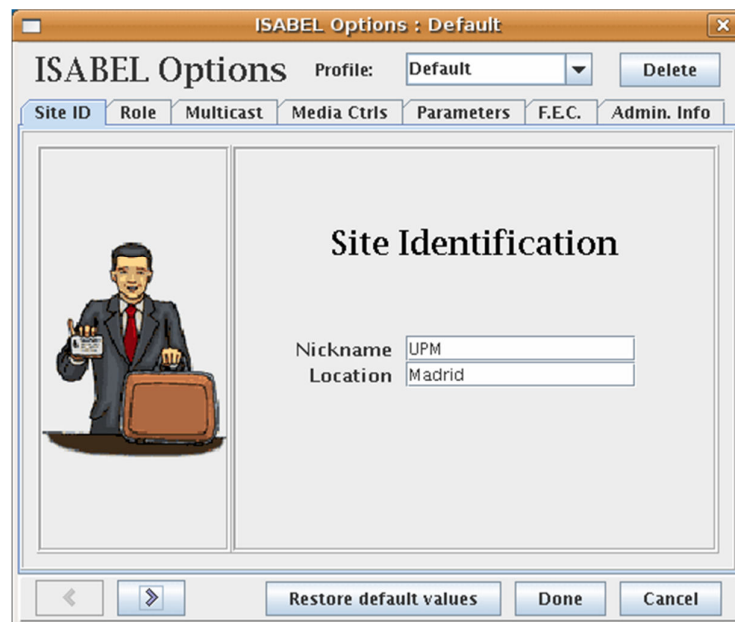
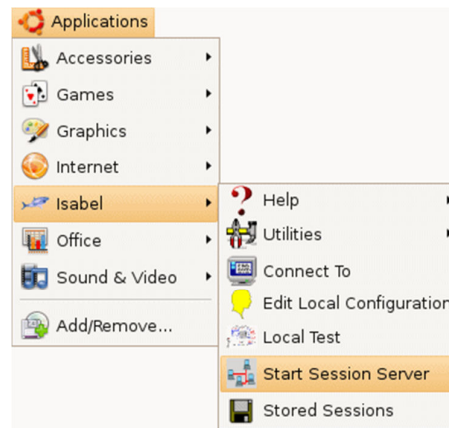


Figura 36.Configuración de Parámetros Iniciales.

Hacer Click en "Done" para guardar la configuración.

## Sesión simple puesta en marcha

El organizador de la sesión debe iniciar un servidor de la sesión, para que los demás se conecten a él. Para iniciar una sesión desde un terminal, se debe seleccionar "Start Session Server" -> del menú Isabel.

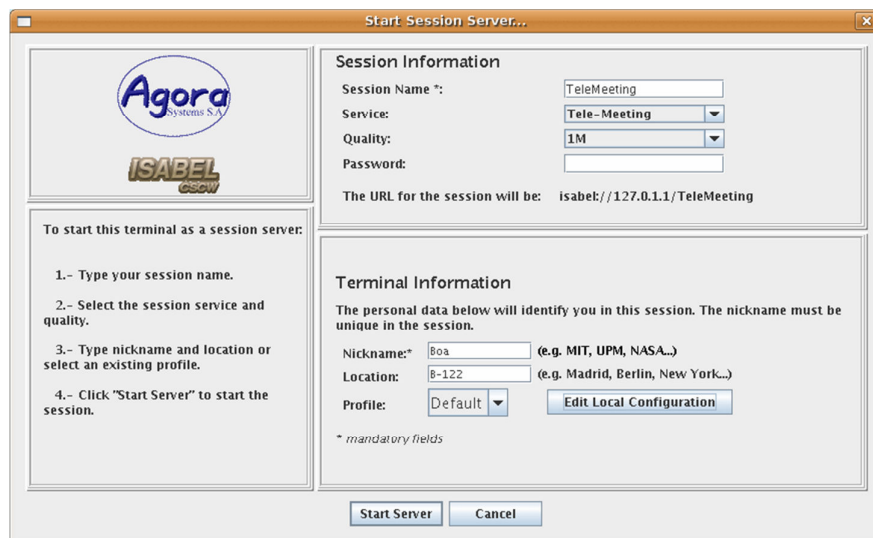


**Figura 37.** Iniciar una Sesión del Servidor

La siguiente ventana aparecerá. Aquí se pueden establecer los parámetros generales de una sesión:

- Nombre: Nombre de la sesión. La URL de la sesión se indicará en la pantalla.
- Servicio: Tipo de servicio que se utilizará en la sesión (telemeeting, teleconferencia).

En el campo "Nombre" todas las sesiones creadas en el terminal durante todo el tiempo están disponibles (a menos que se eliminen manualmente). Si se selecciona una de estas sesiones, todos los parámetros automáticamente se convertirán en el último estado configurado para esa sesión.

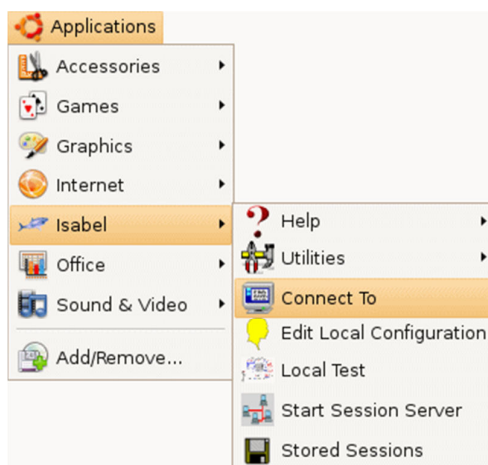


**Figura 38.** Configuración Inicial del Servidor.

Al establecer estos parámetros, haga clic en "Iniciar servidor".

### Una conexión simple a una sesión

Los participantes de la reunión debe conectarse a la sesión creado por el organizador de la sesión. Para conectarse a una sesión existente, seleccione "Conect to" del menú Isabel.



**Figura 39.** Iniciar una sesión del cliente.

La opción "Conectar a la sesión" de la ventana aparecerán.

**Connect To Session...**

**Session Information**

URL or IP \* :

URL Format: *isabel://ip\_address/session\_name*

Example 1: *isabel://flow.dit.upm.es/EURO6IX*

Example 2: *138.4.2.10*

Example 3: *machine.mydomain.com*

Password:

**How to connect your terminal to a session:**

- 1.- Type or select the URL of the session you would like to join.
- 2.- Type nickname and location or select an existing profile.
- 3.- Click "Connect" button to enter the session.

**Terminal Information**

The personal data below will identify you in this session. The nickname must be unique in the session.

Nickname\*  (e.g. MIT, UPM, NASA...)

Location:  (e.g. Madrid, Berlin, New York...)

Profile:

\* mandatory fields

**Figura 40.**Conectarse al Servidor

Escriba la URL de la sesión y el tipo, si es necesario, su apodo y su ubicación. A continuación, haga clic en el botón "Conectar" para unirse a la sesión. También se puede seleccionar desde el campo "URL" una sesión de terminal incorporada previamente.

## ANEXO II

### CONFIGURACIÓN DE UNA VPN

Una Red Privada Virtual (Virtual Private Network) es una red de comunicaciones canalizada a través de otra red y dedicada a un uso específico. En este caso esa otra red es Internet. Establecer una VPN que use una red pública como Internet permite eliminar los costos de contratar un enlace dedicado.

Pero Internet no es una red segura así que una VPN debe utilizar autenticación y encriptar el contenido que viaja a través de ella para evitar el uso de packet sniffers (software o hardware que puede interceptar el tráfico en una red insegura).

### INSTALAR OPENVPN EN UBUNTU PASO A PASO

#### Primero definir algunos puntos:

- Servidor: Es el equipo que aceptará las conexiones de los clientes a través de la VPN.
- Cliente: El equipo que se conectará al servidor a través de la VPN.
- Red privada: La red que define la VPN. Ej: 10.8.0.0
- Todos los comandos deben ser ejecutados por root o través de sudo.
- Los comandos que se deben escribir están en negrita.
- Para comentar una línea en openvpn.conf se utiliza “#” al inicio de la línea.

#### INSTALAR OPENVPN:

El comando utilizado para instalar software en Ubuntu es el siguiente:

**sudo apt-get install openvpn**

OpenVPN se debe instalar tanto en el cliente como en el servidor.

Se debe comentar todas las líneas en /etc/default/openvpn y añadir:

**AUTOSTART="openvpn"**

Esto asegura a OpenVPN cuál archivo de configuración predeterminado utilizará al

iniciar el servicio. Los archivos de configuración se guardan en **/etc/openvpn** y usan la extensión **.conf**.

**/etc/openvpn/openvpn.conf**, es un archivo que aún no existe y que debe contener información de configuración.

OpenVPN puede ser iniciado, detenido o reiniciado en la forma usual:

Iniciar Open VPN:

**/etc/init.d/openvpn start**

Detener Open VPN:

**/etc/init.d/openvpn stop**

Reiniciar OpenVPN:

**/etc/init.d/openvpn restart**

Cada vez que se cambien parámetros en **/etc/openvpn/openvpn.conf** se debe reiniciar OpenVPN.

## **CREAR CLAVES Y CERTIFICADOS**

Las claves y certificados se realizan en el servidor como root, al ejecutar:

**cd /etc/openvpn/**

copiar el directorio **easy-rsa** a **/etc/openvpn**:

**cp -r /usr/share/doc/openvpn/examples/easy-rsa/ .**

Dentro del directorio **/etc/openvpn**. Se debe editar el archivo **vars**:

**Vi easy-rsa/vars**

Comentar la siguiente línea:

**#export D=pwd**

Añadir la siguiente línea:

```
export D=/etc/openvpn/easy-rsa
```

modificar los siguientes parámetros:

```
export KEY_COUNTRY=PE  
export KEY_PROVINCE=LI  
export KEY_CITY=Lima  
export KEY_ORG="Nombre-OpenVPN"  
export KEY_EMAIL="tu-nombre@example.com"
```

Grabar y cerrar el archivo.

Ejecutar:

```
. ./vars
```

A continuación:

```
./clean-all
```

El siguiente comando crea la autoridad de certificados (CA) usando los parámetros previamente definidos, añadir **Common Name**, u **OpenVPN-CA**. Este paso usa OpenSSL.

```
sudo apt-get install openssl
```

A continuación:

```
./build-ca
```

Primero se crean las claves para el servidor:

```
./build-key-server server
```

Cuando **build-key-server** solicite **Common Name** escribir **server**, el mismo parámetro que tiene el comando.

**Sign the certificate? [y/n]**, presionar **y**

**1 out of 1 certificate requests certified, commit? [y/n]**, presionar **y**.

Clave para el cliente:

**./build-key client1**

Se utiliza **client1** como **Common Name**, al igual que el parámetro que se utilizó para **build-key**.

Si se requiere de más clientes se puede repetir el último paso para **client2**, **client3**, etc.

Generar parámetros Diffie Hellman:

**./build-dh**

Se debe tener un nuevo directorio con claves y certificados en el servidor: **/etc/openvpn/easy-rsa/keys**. Para configurar el primer cliente se copia los siguientes archivos de **servo** a **cliente**:

**ca.crt**

**client1.crt**

**client1.key**

Los archivos deben ser guardados bajo **/etc/openvpn** en el cliente.

## **LOS ARCHIVOS DE CONFIGURACIÓN: OPENVPN.CONF**

En el cliente se debe crear un archivo llamado **openvpn.conf** en **/etc/openvpn** y dentro de él lo siguiente:

dev tun

client

proto tcp

remote x.y.z.w 1194



```
resolv-retry infinite
nobind
user nobody
groupnogroup
# Try to preserve some state across restarts.
persist-key
persist-tun
ca ca.crt
cert client1.crt
key client1.key
comp-lzo
# Set log file verbosity.
verb 3
```

Reemplazar **x.y.z.w** por el IP público del servidor.

A continuación en el servidor se debe crear un archivo **openvpn.conf** en `/etc/openvpn` y escribir lo siguiente:

```
devtun
prototcp
port 1194
ca /etc/openvpn/easy-rsa/keys/ca.crt
cert /etc/openvpn/easy-rsa/keys/server.crt
key /etc/openvpn/easy-rsa/keys/server.key
dh /etc/openvpn/easy-rsa/keys/dh1024.pem
user nobody
groupnogroup
server 10.8.0.0 255.255.255.0
persist-key
persist-tun
#status openvpn-status.log
#verb 3
client-to-client
push "redirect-gateway def1"
#log-append /var/log/openvpn
```

`comp-lzo`

En las primeras pruebas las conexiones fueron muy lentas y se recomienda desactivar la compresión en cliente y servidor comentando la línea:

**#comp-lzo**

Reiniciar OpenVPN en ambos equipos, cliente y servidor.

Para comprobar, se ejecuta ***ifconfig*** y ***route -n***, se verá una nueva interfaz, **tun0**, en el cliente y en el servidor.

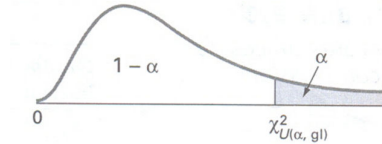
Se puede confirmar que exista conexión haciendo ping entre ambos usando los IP de las interfaces **tun0**, por ejemplo:

**ping 10.8.0.1**

## ANEXO III

### TABLA DE VALORES CRÍTICOS DE LA DISTRIBUCIÓN CHI- CUADRADO.-

Para una combinación particular de grados de libertad en el numerador y en el denominador, las entradas representan los valores críticos de la Chi-cuadrado, correspondientes a un área de extremo superior especificado de  $\alpha$ .-



Grados de Libertad	ÁREAS DE EXTREMOS SUPERIOR ( $\alpha$ )					
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.90	0.75
1	0.000	0.000	0.001	0.004	0.016	0.102
2	0.010	0.020	0.051	0.103	0.211	0.575
3	0.072	0.115	0.216	0.352	0.584	1.213
4	0.207	0.297	0.484	0.711	1.064	1.923
5	0.412	0.554	0.831	1.145	1.810	2.675
6	0.676	0.872	1.237	1.635	2.204	3.455
7	0.989	1.239	1.690	2.167	2.833	4.255
8	1.344	1.646	2.180	2.733	3.490	5.071
9	1.735	2.088	2.700	3.325	4.168	5.899
10	2.156	2.558	3.247	3.940	4.865	6.737
11	2.603	3.053	3.816	4.575	5.578	7.584
12	3.074	3.571	4.404	5.226	6.304	8.438
13	3.565	4.107	5.009	5.892	7.042	9.299
14	4.075	4.660	5.629	6.571	7.790	10.165
15	4.601	5.229	6.262	7.261	8.547	11.037
16	5.142	5.812	6.908	7.962	9.312	11.912
17	5.697	6.408	7.564	8.672	10.085	12.792
18	6.265	7.015	8.231	9.390	10.865	13.675
19	6.844	7.633	8.907	10.117	11.651	14.562
20	7.434	8.260	9.591	10.851	12.443	15.452
21	8.034	8.897	10.283	11.591	13.240	16.344
22	8.643	9.542	10.982	12.338	14.042	17.240
23	9.260	10.196	11.689	13.091	14.848	18.137
24	9.886	10.856	12.401	13.848	15.659	19.037
25	10.520	11.524	13.120	14.611	16.473	19.939
26	11.160	12.198	13.844	15.379	17.292	20.843
27	11.806	12.879	14.573	16.151	18.114	21.749
28	12.461	13.565	15.308	16.928	18.939	22.657
29	13.121	14.257	16.047	17.708	19.768	23.567
30	13.787	14.954	16.791	18.493	20.599	24.478

Grados de Libertad	ÁREAS DE EXTREMOS SUPERIOR ( $\alpha$ )					
	0.25	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.323	2.706	3.841	5.024	6.635	7.879
2	2.773	4.605	5.991	7.378	9.210	10.597
3	4.108	6.251	7.815	9.348	11.345	12.838
4	5.385	7.779	9.488	11.143	13.277	14.860
5	6.626	9.236	11.071	12.833	15.086	16.750
6	7.841	10.645	12.592	14.449	16.812	18.548
7	9.037	12.017	14.067	16.013	18.475	20.278
8	10.219	13.362	15.507	17.535	20.090	21.955
9	11.389	14.684	16.919	19.023	21.666	23.589
10	12.549	15.987	18.307	20.483	23.209	25.188
11	13.701	17.275	19.675	21.920	24.725	26.757
12	14.845	18.549	21.026	23.337	26.217	28.299
13	15.984	19.812	22.362	24.736	27.688	29.819
14	17.117	21.064	23.685	26.119	29.141	31.319
15	18.245	22.307	24.996	27.488	30.578	32.801
16	19.369	23.542	26.296	28.845	32.000	34.267
17	20.489	24.769	27.587	30.191	33.409	35.718
18	21.605	25.989	28.869	31.526	34.805	37.156
19	22.718	27.204	30.144	32.852	36.191	38.582
20	23.828	28.412	31.410	34.170	37.566	39.997
21	24.935	29.615	32.671	35.479	38.932	41.401
22	26.039	30.813	33.924	36.781	40.289	42.796
23	27.141	32.007	35.172	38.076	41.638	44.181
24	28.241	33.196	36.415	39.364	42.980	45.559
25	29.339	34.382	37.652	40.646	44.314	46.928
26	30.435	35.563	38.885	41.923	45.642	48.290
27	31.528	36.741	40.113	43.194	46.963	49.645
28	32.620	37.916	41.337	44.461	48.278	50.993
29	33.711	39.087	42.557	45.722	49.588	52.336
30	34.800	40.256	43.773	46.979	50.892	53.672

Para un número mayor de grados de libertad se puede utilizar la expresión

$Z = \sqrt{2 x^2 - 2 (df) - 1}$  y se puede obtener el área de extremo superior resultante a partir de la tabla correspondiente a la distribución normal estandarizada.

## ANEXO IV

### EJEMPLOS DE CODECS DE AUDIO GRUPOS ESTABLECIDOS

SIN PÉRDIDAS	CON PÉRDIDAS	CODECS DE VOZ
ALAC (Apple Lossless)	AAC (Advanced Audio Coding)	AMBE
DST (Direct Stream Transfer)	HE-AAC (High Efficiency Advance Audio Coding)	AMR
FLAC (Free Lossless Audio Codec)	AC3 (Dolby Digital A/52)	CELP
LA (Lossless Audio)	ADPCM	EVRC
LPAC (Lossless Predictive Audio Codec)	ADX (videojuegos)	G.711
LTAC (Lossless Transform Audio Codec)	ATRAC (Adaptive TRansform Acoustic Coding)	G.722
MLP (Meridial Lossless Packing)	DRA	G.723
Monkey's Audio (APE)	DTS (Digital Theater Systems)	G.726
MPEG-4 ALS	MP1 (MPEG audio layer-1)	G.728
MPEG-4 SLS	MP2 (MPEG audio layer-2)	G.729
OptimFROG	MP3 (MPEG audio layer-3)	GSM
QDesign	mp3PRO	HILN (MPEG-4 paramétrico)
RealAudio Lossless	Musepack	iLBC
RKAU	OggVorbis	IMBE
Shorten (SHN)	Perceptual Audio Coding	Speex
TTA (True Audio)	RTA (Real Time Audio Codec)	
WavPack	TwinVQ	
WMA lossless (Windows Media Audio Lossless)	Siren	
	WMA (Windows Media Audio)	